

Aus der Orthopädischen Klinik
(Direktor: Professor Dr. Brussatis)
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

**DAS VERHALTEN DER ALKALISCHEN SERUMPHOSPHATASE
NACH ORTHOPÄDISCHEN OPERATIONEN UNTER
BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER
KÖRPERLICHEN AKTIVITÄT**

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von
Roland Schmitt
aus Speyer

Mainz
1976
—



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547917_0023

Dissertationsdruck

Blasaditsch GmbH • 89 Augsburg 17 • Theodor-Heuß-Platz 3 • Telefon (0821) 51 85 63

Aus der Orthopädischen Klinik
(Direktor: Professor Dr. Brussatis)
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

Das Verhalten der alkalischen Serumphosphatase
nach orthopädischen Operationen unter besonderer
Berücksichtigung der körperlichen Aktivität



Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von

Roland Schmitt
aus Speyer

Mainz

1976



Fachbereichsdekan: Professor Dr. Langendorf

1. Gutachter: Professor Dr. Otte

2. Gutachter: Professor Dr. Langendorf

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	4
2. Krankengut und Methode	8
2.1 Krankengut	8
2.2 Enzymaktivitätsbestimmung	11
2.3 Quantifizierung der körperlichen Aktivität	13
3. Ergebnisse	15
3.1 Körperliche Aktivität	15
3.2 Alkalische Serumphosphatase	20
3.3 Untersuchung der aP bei verschiedener körperlicher Aktivität	25
3.4 Postoperative Veränderungen der aP	27
3.5 Unterteilung nach Alter und Geschlecht	30
4. Diskussion	41
5. Zusammenfassung	49
6. Literatur	50
7. Anhang: Gesamtes Zahlenmaterial	54

1. EINLEITUNG

Die Phosphatasen sind zur Gruppe der Hydrolasen zählende Enzyme, die Monophosphorsäureester hydrolytisch in die Komponenten zu spalten vermögen:



Weiterhin wird der Phosphatase ein Mitwirken bei der Synthese von Phosphorsäureestern und der Transphosphorylierung zuerkannt (Richterich, 1958).

Den Phosphatasen kommt aufgrund dieser Wirkungsweise im Organismus große physiologische Bedeutung zu. Sie sind im tierischen Organismus ubiquitär nachzuweisen.

Die verschiedenen Phosphatasen sind durch ihr unterschiedliches Wirkungsmilieu charakterisiert. Man unterscheidet eine alkalische Phosphatase mit einem pH-Optimum von 8,4 - 10,0 von einer sauren Phosphatase, die ihr Wirkungsoptimum bei einem pH von 4,8 - 5,5 erreicht.

Die saure Phosphatase findet sich besonders in Leber, Milz, Niere, Prostata und Erythrozyten; sie wird in verschiedene Typen unterteilt (Richterich, 1958). Bedeutung erlangte der Typ II, die Prostata-Phosphatase, in der Diagnostik des Prostata-Carzinoms, da es dabei häufig zu einem abnormen Übertritt der sauren Prostata-Phosphatase ins Blut kommt.

Auch die alkalische Phosphatase ist biologisch heterogen. Die hauptsächlichlichen Vorkommen liegen im Knochen, in der Haut, Muskulatur und Milchdrüse sowie in der Nierenrinde und der Darmschleimhaut.

Als Ursprungsort der alkalischen Phosphatase, die im Serum nachgewiesen werden kann, gelten die Osteoblasten bzw. Chondrozyten. Der Spiegel der alkalischen Phosphatase im Serum wird nach Kern (1965) einerseits durch das Ausmaß der Fermentbildung in den Osteoblasten und Chondrozyten und andererseits durch den Grad des Abbaus bzw. der Ausscheidung über die Leber bestimmt.

Nach Gutmann und Jones, Armstrong und Banting, Best und Taylor (zit. nach Schmid, 1953) stammt die alkalische Serumphosphatase zu mehr als 90 % aus dem Knochen.

Aus Bildungsort und Ausscheidungsweg ergibt sich die Bedeutung der alkalischen Serumphosphatase in der Diagnostik.

Erhöhte Aktivitäten im Serum sind festzustellen bei Lebererkrankungen, Gallengangsverschlüssen sowie bei verschiedenen Knochenerkrankungen, so z. B. beim M. Paget, der Osteomalazie, der fibrösen Knochendysplasie und beim primären Hyperparathyreodysmus (Kotzaurek und Jesserer, 1962).

Erniedrigte Werte der alkalischen Serumphosphatase findet man bei der Hypophosphatasie (Hosenfeld, 1973), beim Kretinismus, Skorbut und der Chondrodystrophie (Kern, 1965 und Schmid, 1953).

Über das Verhalten der alkalischen Serumphosphatase (aP) bei Knochenfrakturen und im Verlauf der Frakturheilung liegen vereinzelte Arbeiten vor, wobei die Ergebnisse unterschiedlich und z. T. widersprüchlich sind.

Bei experimenteller Fraktursetzung im Tierversuch fand Semb (1971) eine Erhöhung der aP-Werte schon nach 4 Stunden. Nach 24 Stunden stiegen die Werte zu einem Maximum an und erreichten nach 14 Tagen wieder den Normbereich. Struck (1969) konnte ebenfalls im Tierversuch einen Anstieg der Enzymwerte bei operativer Behandlung von Hinterlauffrakturen von Hunden in der ersten Woche feststellen. Bei konservativer Behandlung trat eine Erhöhung der aP-Werte erst in der 2. und 3. Woche ein.

Einige Autoren konnten bei ihren klinischen Untersuchungen keine regelmäßige Erhöhung der alkalischen Serumphosphatase im Verlauf der Knochenbruchheilung feststellen (Howard, 1945 und Mitchell, 1959).

Demgegenüber konnten andere Autoren eine eindeutige Erhöhung der aP bei Frakturen nachweisen.

Hunsberger und Ferguson (1932) berichten von einer Erhöhung innerhalb der 1. Woche, Groshev und Judkevitch (1961) fanden das

Maximum der Erhöhung 2 - 4 Wochen nach der Fraktur. Auch Klein (1966) fand ein Maximum mit 3 - 4fach erhöhten Werten zwischen der 2. und 4. Woche, während Nilson (1972) bei Patienten mit Oberschenkelhalsfrakturen ein Anwachsen der aP in der 1. Woche und den Abfall auf die Ausgangswerte nach spätestens 2 Monaten feststellte; die Erhöhung der Meßwerte trat jedoch nicht bei allen Patienten auf.

Andere Autoren berichten von einer Erhöhung der aP nur bei bestimmten Patientengruppen.

Schmid (1953) fand erhöhte Werte nur bei Patienten mit Mark- und Schenkelhalsnagelungen, führt diesen Anstieg auf eine Aktivierung der Osteoblasten durch den mechanischen und chemischen Reiz der Eingriffe zurück und verneint einen Zusammenhang mit dem Verlauf der Frakturheilung.

Von ähnlichen Ergebnissen berichten Sieber (1953) und Kern (1965).

Sieber fand bei konservativ behandelten Frakturen keine Erhöhung der aP im Serum, konnte eine solche Erhöhung aber bei operativ behandelten Frakturen ebenso nachweisen wie Kern, der bei genagelten Frakturen von einem leichten Anstieg der alkalischen Serumphosphatase ab dem 5. - 7. Tag berichtet. Übereinstimmend kommen jedoch beide Autoren zu dem Schluß, daß ein regelmäßiger Zusammenhang zwischen aP und Frakturheilung nicht besteht.

Demgegenüber berichtet Heimann (1973), daß Patienten mit erhöhten Serumphosphatasewerten bessere Frakturheilungsergebnisse zeigten, als Patienten ohne eine solche Erhöhung. Er vermutet aufgrund dieser Beobachtung einen Zusammenhang zwischen dem Ausmaß des Regenerationsvermögens des Knochens und dem Verhalten der alkalischen Serumphosphatase.

Geiser (1957, 1958) versteht unter Immobilisation und Inaktivität den Ausfall jeglicher Muskelaktion. Er betrachtet Muskel, Knochen und Knorpel als funktionelle Einheit, die bei Störung eines Gliedes auch als Einheit reagiert. So vertritt er die Auffassung, daß in einem Knochen, der der physiologischen

mechanischen Belastung entzogen wird, die Abbauvorgänge deutlich überwiegen.

Zu gleichen Ergebnissen kommt Eichler (1970), der im Tierversuch nachweisen konnte, daß bereits in der ersten Woche nach Ruhigstellung die Inaktivitätsosteoporose auftritt und nach 6 Wochen als Folge der verminderten Osteoblastentätigkeit bereits Knochenatrophie und Markraumerweiterung beobachtet werden können.

Die einzige uns bekannte Arbeit, die sich mit einer der unseren vergleichbaren Fragestellung beschäftigt, stammt von O. Schmitt (1975). Er bestimmte die alkalische Serumphosphatase bei 50 Kindern nach Umstellungsosteotomien und stellt dabei eine deutliche Abnahme der alkalischen Phosphataseaktivität im Serum fest, während bei 20 Erwachsenen mit Korrekturosteotomien postoperativ ein leichter Anstieg der aP im Serum beobachtet werden konnte.

Den starken Abfall des Enzymspiegels bei den Kindern erklärt der Autor mit der postoperativen Gipsruhigstellung: durch die Immobilisation im Gipsverband soll eine erhebliche Abnahme der osteogenen Aktivität des wachsenden Knochens hervorgerufen werden. Dies wird erhärtet durch die Beobachtung, daß im Anschluß an Weichteiloperationen mit postoperativer Gipsfixation eine starke Abnahme der aP-Aktivität im Serum festgestellt werden kann. Durch die Immobilisation kommt es offenbar zu einer deutlichen Reduktion der Wachstumstätigkeit des Knochengewebes der Kinder und damit zum Abfall der Phosphataseaktivität im Serum.

Ausgehend von diesen Beobachtungen ergab sich für uns die Frage, ob Patienten, die nach operativen Eingriffen längere Zeit immobilisiert waren, einen anderen Serumspiegel der alkalischen Phosphatase aufweisen als Patienten, die gleich nach der Operation einer intensiven Physiotherapie zugeführt wurden und die infolgedessen eine größere körperliche Aktivität zu verzeichnen haben.

2. KRANKENGUT und METHODE

2.1 Krankengut

Die Untersuchungen wurden in der Zeit von August 1973 bis Januar 1974 durchgeführt. Untersucht wurden 80 Patienten der Orthopädischen Universitätsklinik Mainz, deren Behandlung verschiedene operative Maßnahmen am Bewegungs- und Stützapparat einschloß. Aus der Untersuchung ausgeschlossen wurden solche Patienten, bei denen Erkrankungen des Leberparenchyms, der Gallenblase oder Systemerkrankungen des Skelettsystems festgestellt worden waren. Auch Kinder und Jugendliche wurden wegen der im Wachstumsalter physiologisch erhöhten Serumphosphatasewerte nicht in die Untersuchung mit einbezogen.

Von den insgesamt 80 Patienten waren 41 männlichen und 39 weiblichen Geschlechts. Die männlichen Patienten wiesen ein mittleres Alter von 50 Jahren auf, bei den weiblichen Patienten wurde ein Altersdurchschnitt von 44 Jahren ermittelt.

Entsprechend der jeweils durchgeführten Operation wurde das Krankengut in 3 Gruppen unterteilt.

I. Weichteileingriffe

Gruppe I

enthält Operationen an Muskeln, Sehnen und Gelenkkapseln ohne Beeinträchtigung des Knochengewebes. Die einzelnen Operationen sind in Tab. 1 aufgeführt.

Anzahl	Operation
8	Meniscektomien
2	Arthrotomien
2	Tenotomien
1	Patellektomie
1	Entfernung freier Gelenkkörper

Tab. 1 Operationen der Gruppe I

II. Leichte Knocheneingriffe

Gruppe II

enthält Operationen mit kleinen Knochenverletzungen vom Prinzip der Resektionen, die keine Knochenneubildung erwarten lassen. Die einzelnen Operationen sind der Tab. 2 zu entnehmen. Bei den Bandscheibenoperationen handelt es sich lediglich um oberflächliche Resektionen an den Wirbelbögen oder Gelenkfortsätzen. Bei der Hüftplattenentfernung ist ebenfalls eine gewisse Aktivierung des umgebenden Knochen zu erwarten.

Anzahl	Operation
7	Laminektomien
4	Hallux-valgus-Operationen
1	Hüftplattenentfernung
1	Resektion periartikulärer Verknöcherung nach TP
1	Resektion des medialen angulus superior scapulae

Tab. 2 Operationen der Gruppe II

III. Ausgedehnte Knocheneingriffe

Gruppe III

enthält die Operationen mit ausgedehnten Knochenverletzungen. Sie bestehen bei den Gelenkersatzoperationen in der Resektion des Schenkelhalses und der Pfannenoberfläche sowie der Erweiterung der Markhöhle zur Aufnahme des Prothesenstiels. Der analoge Vorgang ist bei einer Kniegelenkresektion mit Implantation einer Scharnierprothese zugrunde zu legen. Bei allen Totalprothesen ist die Knochenwunde weitgehend mit Knochenzement (Pallacos) verschlossen. Außerdem sind in dieser Gruppe Umstellungsosteotomien mit nachfolgender Osteosynthese enthalten. Dabei ist mit relativ geringer Knochenneubildung zu rechnen.

Die einzelnen Operationen sind der Tab. 3 zu entnehmen.

Anzahl	Operation
46	Hüfttotalendoprothesen
2	Kniescharnierprothesen
4	Umstellungsosteotomien (intertrochantär)

Tab. 3 Operationen der Gruppe III

Die Besetzung der einzelnen Gruppen hinsichtlich Anzahl der Patienten, Geschlecht und mittlerem Alter geht aus der Tab. 4 hervor.

Op-Gruppen	Männer	mittl. Alter (Jahre)	Frauen	mittl. Alter (Jahre)
I	13	41	1	18
II	5	45	9	56
III	23	63	29	62
insgesamt	41	54	39	60

Tab. 4 Anzahl, Alter und Geschlecht der Patienten in den einzelnen Gruppen

Im Verlaufe der Untersuchung wurde das Krankengut (neben den beschriebenen Operationsgruppen) in folgende Gruppen unterteilt:

a) nach Größe der körperlichen Aktivität

- Kalorienverbrauch - unter 1600 Kcal/14 Tage
- zwischen 1600 und 3000 Kcal/14 Tage
- über 3000 Kcal/14 Tage

b) nach der postoperativen Veränderung des Enzymspiegels

- Gruppe + Δ aP (ansteigender Enzymspiegel)
- Gruppe - Δ aP (abfallender Enzymspiegel)

d) nach dem Alter der Patienten

- unter 40 Jahre
- 40 - 49 Jahre
- 50 - 59 Jahre
- über 60 Jahre

d) nach dem Geschlecht der Patienten

2.2 Enzymaktivitätsbestimmung

Für jeden Patienten wurden in einem Zeitraum von drei Wochen fünf Bestimmungen der alkalischen Serumphosphatase durchgeführt. Die Werte der aP wurden in folgenden Abständen gemessen:

1. Wert: präoperativ
2. Wert: 1. - 4. Tag
3. Wert: 5. - 9. Tag
4. Wert: 10. - 14. Tag
5. Wert: 15. - 21. Tag

Bei 20 Patienten konnte der letzte Wert nicht mehr ermittelt werden, da sie zu dieser Zeit die Klinik schon verlassen hatten.

Das Blut wurde in üblicher Weise abgenommen. Nach ca. 30 Minuten Stehen bei Raumtemperatur wurde zentrifugiert und die Seren auf 5 °C abgekühlt. In der Regel wurde die Enzymbestimmung sofort durchgeführt. Seren, deren Enzymgehalt nicht gleich bestimmt werden konnte, wurden bis zu 3 Tagen bei -20 °C aufbewahrt. Aktivitätsverluste konnten bei diesem Verfahren nicht festgestellt werden (Thefeld, 1974).

Die Bestimmung der alkalischen Serumphosphatase wurde nach den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für klinische Chemie nach der Methode von Rick (Hausamen, Rick, Groß und Helger, 1967; Merckotest Nr. 3314) durchgeführt. Infolge der günstigeren Reaktionsbedingungen im Verhältnis zur Phosphatasebestimmung nach Bessey (1946) erhält man um den Faktor 3 höhere Werte.

Bei diesem Verfahren läßt man das zu untersuchende Serum in einer Meßküvette auf das Puffer-Substratgemisch (p-Nitrophenylphosphat, Diäthanolamin-HCl) einwirken. Dabei wird p-Nitrophenylphosphat durch das Enzym in p-Nitrophenolat und Phosphat gespalten. Die Extinktionsänderung pro Zeiteinheit ist der Geschwindigkeit der Substratspaltung und damit der Enzymaktivität proportional.

Bei der Einzelbestimmung werden 2,0 ml Puffer-Substratgemisch und 0,02 ml Serum in eine Küvette mit 1 cm Schichtdicke pipettiert (automatische Pipette Eppendorf "Marburg"), gemischt und nach 1 Minute die Extinktion bei 25 °C und 405 nm gemessen (Photometer Eppendorf 1101 M). Nach jeweils einer weiteren Minute werden 3 weitere Werte abgelesen.

Die Differenz zwischen der 1. und 4. Ablesung (Extinktionszunahme ΔE in 3 Minuten) wird durch 3 geteilt und die Volumenaktivität der alkalischen Phosphatase nach der in der Versuchsanleitung enthaltenen Tabelle ermittelt. Meßkontrollen wurden mit Hilfe standardisierter Seren (Precinorm) in regelmäßigen Abständen durchgeführt.

Nach Angaben der Firma Merck liegt der Normbereich bei diesem Verfahren für Erwachsene bei 60 - 200 mU/ml; allerdings ist es zur Zeit noch nicht möglich, die Obergrenze scharf zu definieren.

2.3 Quantifizierung der körperlichen Aktivität

Zur objektiven Erfassung der körperlichen Aktivität der Patienten entwickelten wir eine Methode, bei der Zeitdauer und Schwierigkeitsgrad der krankengymnastischen Übungsbehandlung bestimmt werden. An den in unserem Krankengut am häufigsten durchgeführten Operationen soll kurz die krankengymnastische Behandlung beschrieben werden.

Beispiel 1

Bei einer Totalendoprothese der Hüfte wird am 1. Tag nur Atemgymnastik durchgeführt; am 2. Tag beginnen die aktiven Bewegungsübungen mit Beugen der Knie und der Hüfte. Ab dem 5. Tag werden Übungen aus der Seitenlage und Extensionen aus der Bauchlage heraus durchgeführt. Der Patient beginnt mit Gehübungen an Unterarmstützen, dazu werden Übungen im Bewegungsbad durchgeführt. Am 7. Tag beginnt der Patient mit Treppensteigen und benutzt allmählich das operierte Bein, nach ca. 14 Tagen wird er nach Hause entlassen.

Beispiel 2

Bei Meniscus-Operationen wird das Bein in den ersten 7 Tagen in einer Schiene gelagert. Schon vom 1. Tag an werden isometrische Quadrizeps-Anspannungsübungen durchgeführt; nach Entfernung der Schiene kann der Patient unbelastet aufstehen und mit der aktiven Kniebeugung beginnen. Nach etwa 2 Wochen wird er nach Hause entlassen, darf das operierte Bein aber noch nicht belasten.

Beispiel 3

Bei Bandscheiben-Operationen muß der Patient die ersten 12 Tage liegen, es werden nur Atem- und Stoffwechselgymnastik durchgeführt. Ab dem 13. Tag erhält der Patient ein Gipsmieder und beginnt allmählich mit dem Laufen.

Um diese Behandlung mit einem Zahlenwert erfassen zu können, wurde ein Erhebungsbogen aufgestellt, in den jeden Tag Art und Dauer der krankengymnastischen Behandlung eingetragen wurde.

Dieser Erhebungsbogen enthält folgende Spalten:

1. Atemgymnastik
2. Stehen vor dem Bett
3. Aufstehen
4. Bewegung der gesunden Extremität
5. Bewegung der kranken Extremität
6. Gehen mit Stütze
7. Gehen ohne Stütze
8. Bewegungsbad
9. Treppensteigen

Diese Übungen wurden in drei Gruppen eingeteilt, die Übungen etwa gleicher Wertigkeit zusammenfassen:

1. Gruppe: Übung 1 und 2
2. Gruppe: Übung 3 bis 5
3. Gruppe: Übung 6 bis 9

Die Übungszeiten wurden multipliziert mit entsprechenden Faktoren nach einer Tabelle "Brutto-Kcal für einige berufliche Tätigkeiten und Freizeitbeschäftigungen" (aus Valentin, Arbeitsmedizin).

Die erste Gruppe wurde mit dem Faktor 1,5 (= Essen im Sitzen), die zweite Gruppe mit dem Faktor 3,0 (= Waschen, An- und Auskleiden) und die dritte Gruppe mit dem Faktor 4,3 (= Gehen auf glattem, ebenem Weg) multipliziert.

Dadurch konnte für jeden Tag eine Summe der körperlichen Aktivität, ausgedrückt in Kcal/min, ermittelt werden. Diese Werte wurden dann zu einer Gesamtsumme für 14 Tage zusammengefaßt, welche die körperliche Aktivität in dieser Zeit repräsentiert.

3. Ergebnisse

3.1 Körperliche Aktivität

Durch die beschriebene quantitative Erfassung der krankengymnastischen Übungsbehandlung nach der Operation und die daraus resultierende körperliche Aktivität der Patienten können wir feststellen, daß je nach Operation und auch individueller Verfassung sehr unterschiedliche Aktivitätsgesamtwerte ermittelt wurden. Die durchschnittliche körperliche Aktivität aller Patienten lag bei 2467 Kcal/14 Tage; der niedrigste Wert wurde mit 810 Kcal, der höchste Wert mit 8224 Kcal/14 Tage festgestellt.

Die Häufigkeitsverteilung ist in Abb. 1 dargestellt; dabei repräsentiert jedes Kästchen einen Patienten.

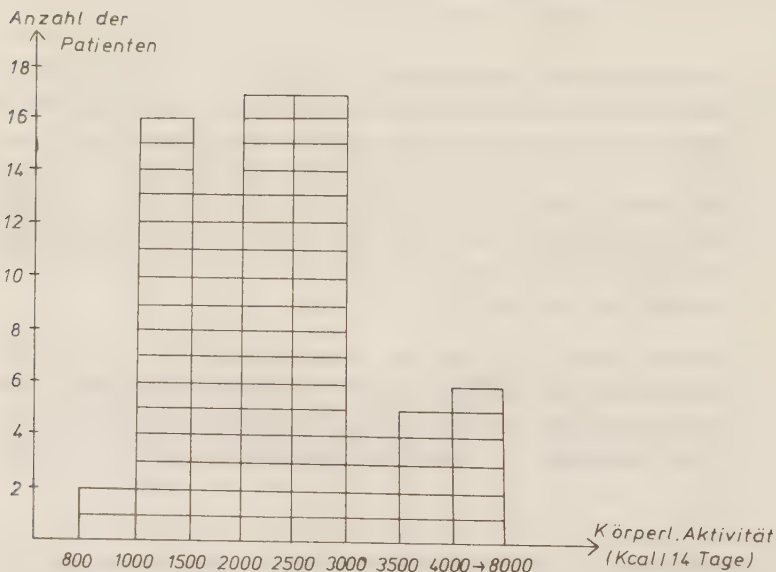


Abb. 1 Häufigkeitsverteilung der körperlichen Aktivität (Kcal/14 Tage)

Um einen Überblick über den zeitlichen Verlauf und die Steigerung der körperlichen Aktivität mit zunehmender Mobilität der Patienten nach der Operation zu erhalten, wurden für alle 80 Patienten die Mittelwerte der körperlichen Aktivität für jeden der ersten 14 Tage nach der Operation errechnet. Diese Werte sind in Tab. 5 zusammengestellt und in Abb. 2 im zeitlichen Verlauf abgebildet.

Tag	Mittelwert $\bar{x}$ (Kcal/Tag)	Standardabweichung s (Kcal/Tag)
1.	64,7	56,9
2.	106,0	60,2
3.	116,7	60,9
4.	122,7	60,8
5.	131,0	69,3
6.	152,3	100,8
7.	176,9	120,8
8.	204,9	134,9
9.	217,3	147,2
10.	222,0	148,8
11.	240,9	144,9
12.	230,8	143,4
13.	227,9	143,1
14.	233,0	148,6

Tab. 5 Mittelwert ($\bar{x}$) und Standardabweichung (s) der körperlichen Aktivität (Kcal/Tag) aller 80 Patienten

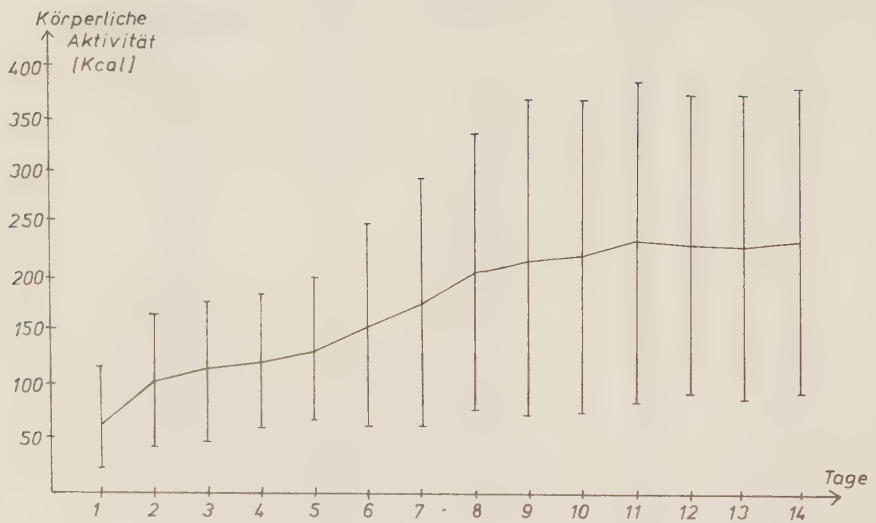


Abb. 2 Mittelwerte und Standardabweichung der körperlichen Aktivität [Kcal / Tag] aller 80 Patienten

Aus der Beschreibung der den Patienten zuteil gewordenen krankengymnastischen Behandlung und den daraus ermittelten Gesamtwerten der körperlichen Aktivität ergibt sich eine breite Streuung der Einzeldaten. Um diese Daten besser beurteilen zu können, wurde das gesamte Krankengut in die beschriebenen Operationsgruppen unterteilt. Es wurden die Mittelwerte der körperlichen Aktivität für jede der drei Operationsgruppen getrennt errechnet (Tab. 6) und in Abb. 3 als Kurvenverlauf dargestellt.

Tag	Op-Gr. I		Op-Gr. II		Op-Gr. III	
	$\bar{x}$ (Kcal)	s (Kcal)	$\bar{x}$ (Kcal)	s (Kcal)	$\bar{x}$ (Kcal)	s (Kcal)
1.	45,8	43,0	94,4	55,9	63,0	58,7
2.	91,5	34,4	110,1	58,4	108,8	65,9
3.	99,0	24,0	137,1	79,2	117,9	62,8
4.	102,4	45,6	118,9	67,4	128,8	62,5
5.	104,7	55,6	117,8	60,8	140,8	72,9
6.	114,4	66,1	107,5	55,9	172,0	110,4
7.	130,7	74,0	107,4	69,7	204,3	130,3
8.	179,2	79,1	124,0	77,3	229,5	148,7
9.	200,6	117,4	112,7	83,6	244,9	155,4
10.	196,1	90,7	124,2	80,9	250,5	162,7
11.	209,2	119,6	138,2	75,7	271,9	151,6
12.	192,0	66,3	130,0	71,9	263,3	157,2
13.	183,9	72,6	132,7	70,0	260,5	156,7
14.	198,4	60,7	134,0	68,9	264,0	165,9

Tab. 6 Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichung (s) der körperlichen Aktivität (Kcal) in den Operationsgruppen

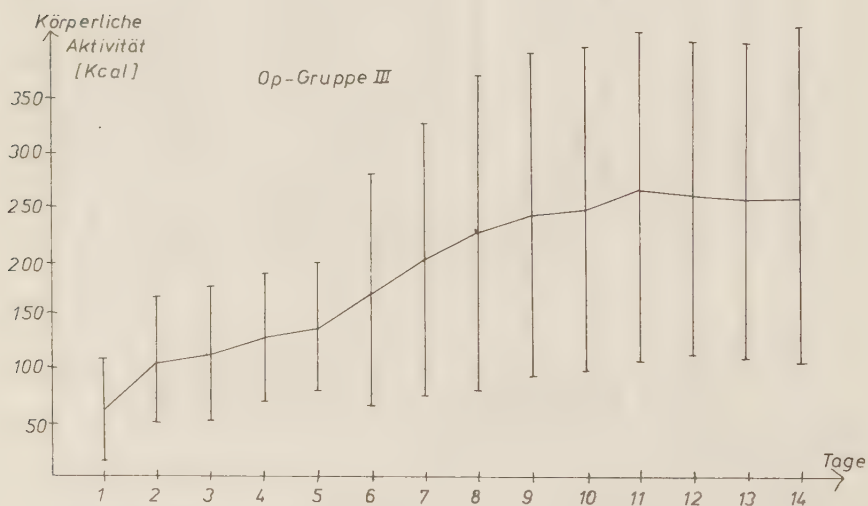
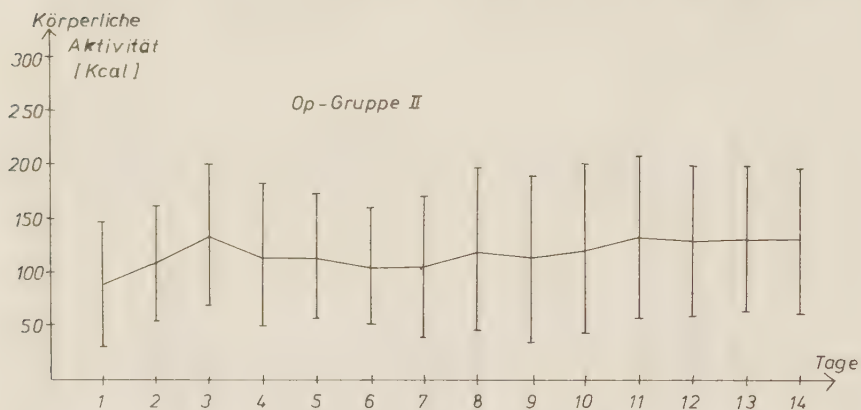
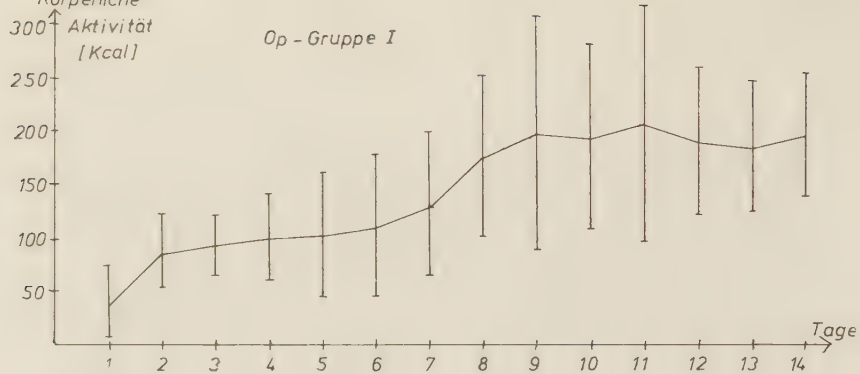


Abb.3 Mittelwerte und Standardabweichung der körperlichen Aktivität [Kcal/Tag] in den Operationsgruppen

Aufgrund dieser Aufteilung können wir feststellen, daß die Patientengruppen einen erheblich differierenden Kurvenverlauf aufweisen.

Die Patienten der Operationsgruppe I haben einen allmählich ansteigenden Kalorienverbrauch von 45 Kcal am 1. postoperativen Tag auf etwa 200 Kcal am 9. - 14. Tag.

Bei den Patienten der Gruppe II ist demgegenüber ein etwa gleichmäßiger Kalorienverbrauch zu verzeichnen, der zwischen 90 und 140 Kcal pro Tag liegt. Dies deutet darauf hin, daß diese Patienten in dem überwachten Zeitraum von 14 Tagen keine wesentliche Bewegungszunahme (und damit erhöhten Kalorienverbrauch) zu verzeichnen haben, sondern diese Zeit relativ ruhiggestellt verbringen mußten.

In der Operationsgruppe III können wir im Gegensatz zur vorherigen Gruppe feststellen, daß mit diesen Patienten wesentlich mehr Bewegungsübungen durchgeführt wurden und deshalb ein stärkerer Kalorienverbrauch vorlag, der von 65 Kcal auf Werte um 270 Kcal pro Tag anstieg.

3.2 Alkalische Serumphosphatase

Der körperlichen Aktivität der Patienten stellen wir das Verhalten der alkalischen Serumphosphatase (aP) nach der Operation gegenüber.

Der erste Meßwert der aP wurde vor der Operation gewonnen; die nächsten 3 Werte sind in Abständen von 3 bis 4 Tagen nach dem Eingriff gemessen. Von 60 der insgesamt 80 Patienten konnte auch ein 4. postoperativer Wert zwischen dem 15. und 21. Tag ermittelt werden.

Die errechneten Mittelwerte der aP sind der Tab. 7 zu entnehmen und wurden in Abb. 4 graphisch dargestellt.

Tag	Op-Gruppe I		Op-Gruppe II		Op-Gruppe III	
	$\bar{x}$ (mU/ml)	s (mU/ml)	$\bar{x}$ (mU/ml)	s (mU/ml)	$\bar{x}$ (mU/ml)	s (mU/ml)
Prae-Op.	97,8	25,9	95,6	16,3	124,1	40,5
1. - 4.	102,8	38,3	87,5	24,1	105,0	36,0
5. - 9.	101,4	32,5	94,5	20,7	113,0	45,2
10. - 14.	98,6	22,7	102,0	23,7	120,2	50,5
15. - 21.	105,9	25,8	104,0	18,1	135,3	50,1

Tab. 7 Mittelwert ($\bar{x}$) und Standardabweichung (s) der alkalischen Serumphosphatase (mU/ml), in den Operationsgruppen

Bei der Betrachtung dieser Werte ist ein unterschiedliches Verhalten der aP auffällig.

Op-Gruppe I:

Die Enzymmessungen in dieser Gruppe, die eine Kontrollgruppe ohne Eingriffe am Knochensystem darstellt, lassen ein unauffälliges Verhalten des Enzymspiegels erkennen. Die postoperativen Werte der aP zeigen keine wesentliche Veränderung im Vergleich zum praeoperativen Wert.

Op-Gruppe II:

Die aP zeigt bei den Patienten dieser Gruppe einen Abfall des Enzymspiegels von prae- auf postoperativ; bis zum 21. Tag nach der Operation steigt das Enzym allmählich wieder an und erreicht ein über dem Ausgangswert liegendes Niveau.

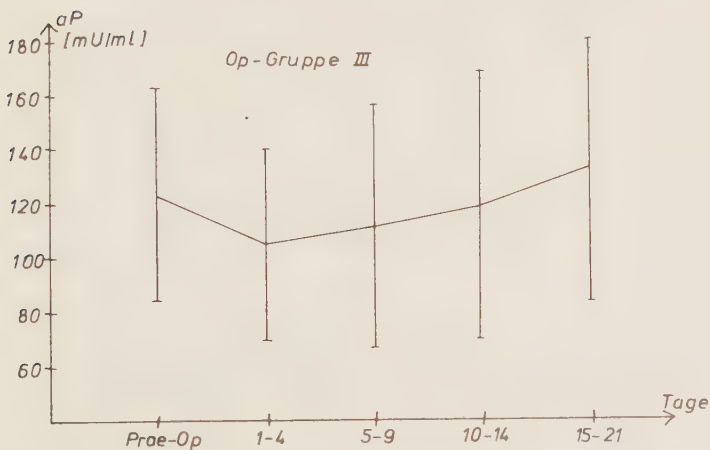
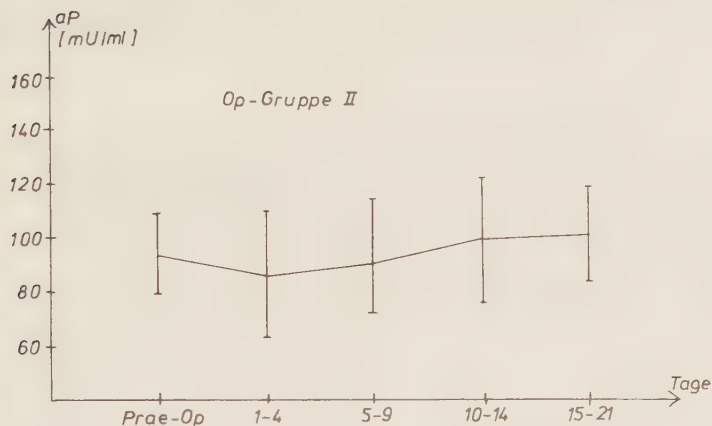
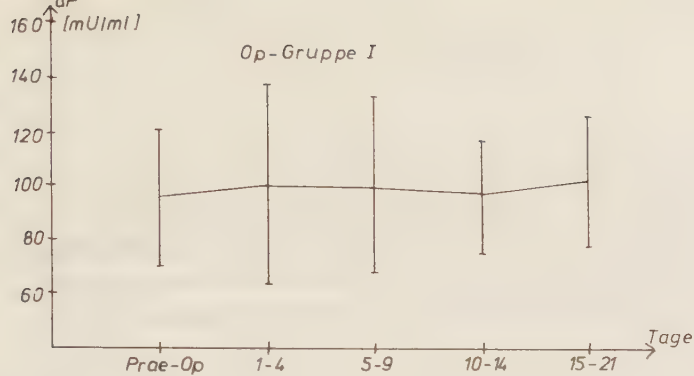


Abb. 4 Mittelwerte und Standardabweichung der alkalischen Serumphosphatase [mU/ml] in den Operationsgruppen

Op-Gruppe III:

In dieser Gruppe sind die Veränderungen der aP noch auffälliger als in der 2. Gruppe. Von prae- auf postoperativ ist ein starker Abfall des Enzymspiegels festzustellen; der nachfolgende Anstieg geht wie in Gruppe II über den praeoperativen Meßwert hinaus.

Bemerkenswert ist, daß in dieser Gruppe sowohl der Ausgangs- als auch der Endwert der alkalischen Serumphosphatase um etwa 30 mU/ml über den Werten der 1. und 2. Gruppe liegen.

Um dies zu verdeutlichen, wurde der Verlauf der aP in den 3 Operationsgruppen in einer gemeinsamen Darstellung zusammengefaßt; dabei sind deutlich die Niveauunterschiede zwischen den einzelnen Gruppen zu erkennen (Abb. 5).

Interessant ist dabei, daß das mittlere Alter der Patienten der Gruppe III deutlich über dem Durchschnittsalter der Gruppen I und II liegt.

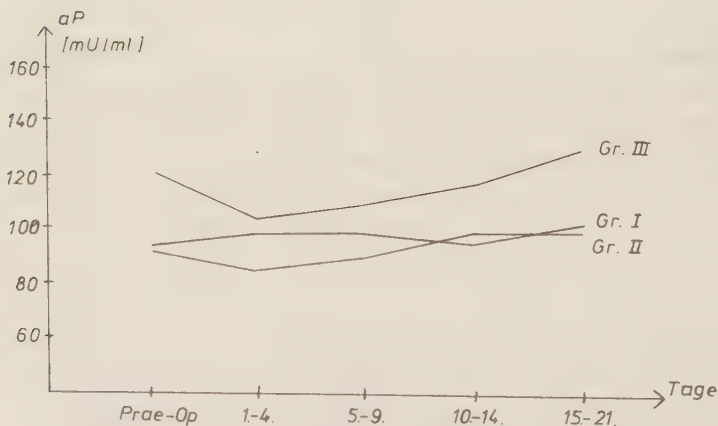


Abb. 5 Gemeinsame Darstellung der alkalischen Serumphosphatase (mU/ml) in den drei Operationsgruppen

Um eine statistische Aussage über den festgestellten Abfall des Enzymspiegels von dem prae- auf den postoperativen Meßwert machen zu können, wurde ein t-Test für verbundene Stichproben durchgeführt. Dieser zeigt, daß der Abfall des Enzyms in der Operationsgruppe III statistisch signifikant ist.

Das Ergebnis des t-Testes ist der Tab. 8 zu entnehmen.

Op-Gruppe	n	Prae-Op $\bar{x}$ (mU/ml)	1. - 4. Tag $\bar{x}$ (mU/ml)	Mittelwert der Differenz	t-Wert	Signifikanz
I	14	97,8	102,8	5,0	-0,68	-
II	14	95,6	87,5	8,1	1,40	-
III	52	124,1	105,0	19,1	4,46	* *

Tab. 8 t-Test für verbundene Stichproben zwischen dem prae-operativen und dem ersten postoperativen Meßwert der alkalischen Serumphosphatase (mU/ml)

3.3 Untersuchung der alkalischen Serumphosphatase bei verschiedener körperlicher Aktivität

Um die spezifische Fragestellung dieser Arbeit nach der körperlichen Aktivität und deren Beziehung zur alkalischen Serumphosphatase besser erfassen zu können, wurde das Krankengut unabhängig von den Operationsgruppen nach der Größe der körperlichen Aktivität in drei Gruppen unterteilt:

Patienten mit einem Kalorienverbrauch

- unter 1600 Kcal/14 Tage
- zwischen 1600 und 3000 Kcal/14 Tage
- über 3000 Kcal/14 Tage

In diesen Gruppen wurden wiederum die Mittelwerte der aP ermittelt und sowohl in tabellarischer (Tab. 9) als auch in graphischer Darstellung (Abb. 6) wiedergegeben.

Tage	unter 1600 Kcal			1600 - 3000 Kcal			über 3000 Kcal		
	n	$\bar{x}$ (mU/ml)	s (mU/ml)	n	$\bar{x}$ (mU/ml)	s (mU/ml)	n	$\bar{x}$ (mU/ml)	s (mU/ml)
Präe-Op	20	104,9	33,5	45	116,2	39,0	15	122,2	36,5
1. - 4.	20	93,1	41,4	45	105,8	33,6	15	100,3	28,8
5. - 9.	20	99,4	43,6	45	111,2	42,6	15	109,0	27,0
10. - 14.	20	103,3	39,5	45	118,9	50,2	15	109,0	22,9
15. - 21.	15	114,6	33,4	34	128,8	53,2	11	131,3	31,0
mittleres Alter	50 Jahre			45 Jahre			65 Jahre		

Tab. 9 Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichung (s) der aP
(mU/ml) in der Unterteilung nach körperlicher Aktivität

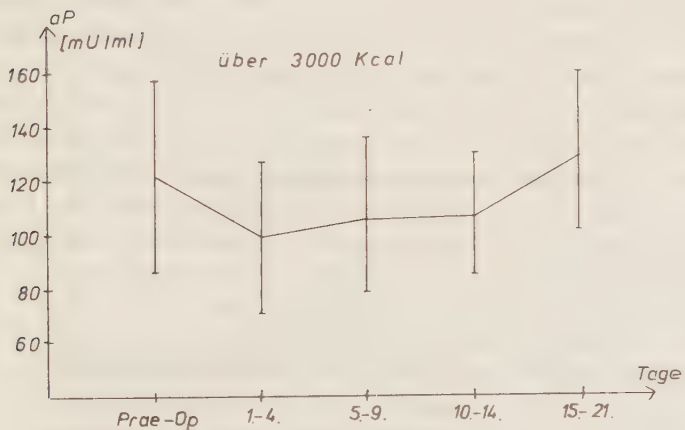
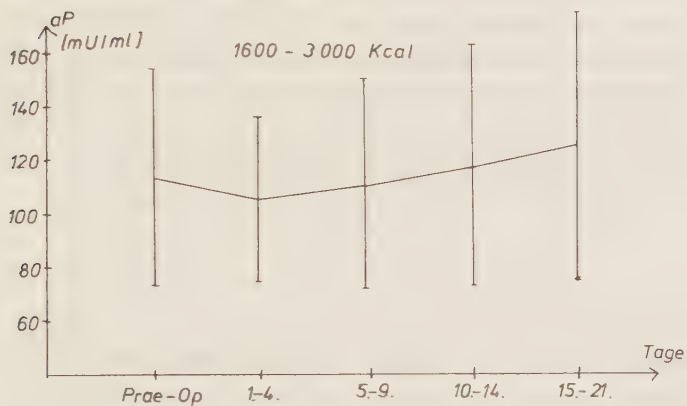
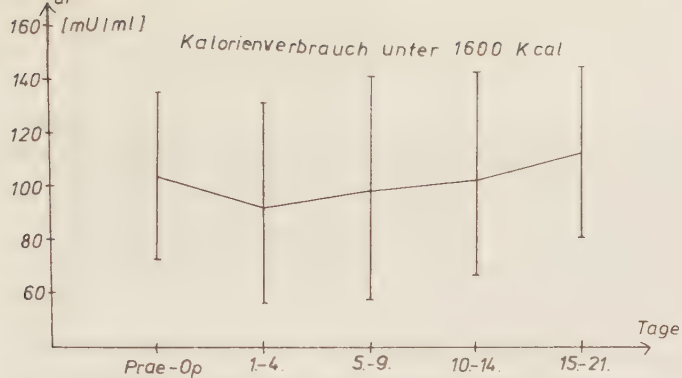


Abb. 6 Mittelwerte und Standardabweichung der alkalischen Serumphosphatase [mU/ml] bei verschiedener körperlicher Aktivität

In allen drei Gruppen finden wir den schon in den Operationsgruppen II und III beschriebenen Abfall des Enzymspiegels von prae- auf postoperativ wieder. Im weiteren Verlauf stellen wir in allen Gruppen einen gleichmäßigen Anstieg der aP über den Ausgangswert hinaus fest, was ebenfalls den schon geschilderten Ergebnissen entspricht.

In der vergleichenden Betrachtung der drei Gruppen fällt auf, daß mit steigendem Kalorienverbrauch und damit größerer körperlichen Aktivität die Kurven mit einem jeweils höheren Wert beginnen und auch zu einem höheren Wert ansteigen; daß die Gruppe über 3000 Kcal mit den höchsten Werten auch das weitaus höchste Durchschnittsalter aufweist, wird bei der Untersuchung der Enzymwerte in den Altersgruppe noch zu besprechen sein.

3.4 Postoperative Veränderungen der aP

Bei den bisherigen Betrachtungen des Enzymverhaltens wurden die Mittelwerte der aP in den Operationsgruppen bzw. in der Unterteilung nach körperlicher Aktivität gebildet. Bei der Beurteilung der Einzelwerte fällt jedoch auf, daß nicht alle Patienten den beschriebenen postoperativen Anstieg des Enzymspiegels zeigen. Um diesen individuellen Unterschieden gerecht zu werden, wurde das gesamte Kollektiv nach dem postoperativen Verhalten des Enzyms unterteilt. Dazu wurde die Differenz zwischen den Werten der aP am 1. - 4. Tag und dem 10. - 14. Tag gebildet; diese Differenz wird ΔaP genannt und sowohl als absolute Veränderung des Enzymwertes (in mU/ml) als auch als relative Veränderung zum Ausgangswert (in %) errechnet.

Damit ergibt sich folgende Einteilung:

- Patienten mit postoperativ ansteigendem Enzymspiegel:
Gruppe + ΔaP (47 Patienten)
- Patienten mit postoperativ abfallendem Enzymspiegel:
Gruppe - ΔaP (29 Patienten)
- unveränderter Enzymspiegel: 4 Patienten

Es galt nun festzustellen, ob Patienten mit ansteigendem Enzymspiegel beispielsweise auch eine große körperliche Aktivität in den ersten beiden Wochen nach der Operation aufzuweisen haben und ob Patienten der Gruppe - ΔaP eine geringe körperliche Aktivität zeigen. Dazu wurde die Korrelation zwischen $x = \Delta aP$ (in %) und $y =$ körperliche Aktivität (in Kcal) berechnet. Bei maximaler Korrelation, d. h. bei direkter Beziehung zwischen den beiden Testgrößen, würde der Korrelationskoeffizient bei 1,0, bei nicht vorhandener Korrelation bei 0,0 liegen.

In der Gruppe + ΔaP wurde ein Korrelationskoeffizient von 0,0033, in der Gruppe - ΔaP ein solcher von 0,0562 gefunden.

Auch die gleichzeitig gebildeten Mittelwerte der körperlichen Aktivität in den beiden Gruppen differieren wenig: Patienten mit ansteigendem Enzymspiegel haben eine mittlere Aktivität von 2364 Kcal, die Patienten mit abfallendem Enzymspiegel weisen eine mittlere Aktivität von 2679 Kcal auf.

Das Ergebnis des Korrelationstestes und die mittlere körperliche Aktivität der beiden Gruppen sind in Tab. 10 zusammengefaßt.

Gruppe	n	Korrelationskoeffizient	Mittl. körperl. Aktivität
+ ΔaP	47	0,0033	2364 Kcal
- ΔaP	29	0,0562	2679 Kcal

Tab. 10 Korrelationstest zwischen aP und körperlicher Aktivität sowie mittlere körperliche Aktivität in den Gruppen + ΔaP und - ΔaP

Das Ergebnis ist eindeutig negativ, d. h. es ist in dem beobachteten Zeitraum kein Zusammenhang zwischen der Höhe der körperlichen Aktivität und dem Enzymverhalten nach der Operation festzustellen. Dieses Ergebnis wird verdeutlicht durch eine Einzeldarstellung der Punkte + ΔaP und - ΔaP (in %), aufgetragen gegen die Größe der körperlichen Aktivität (in Kcal). Dabei repräsentiert jeder Punkt einen Patienten (Abb. 7).

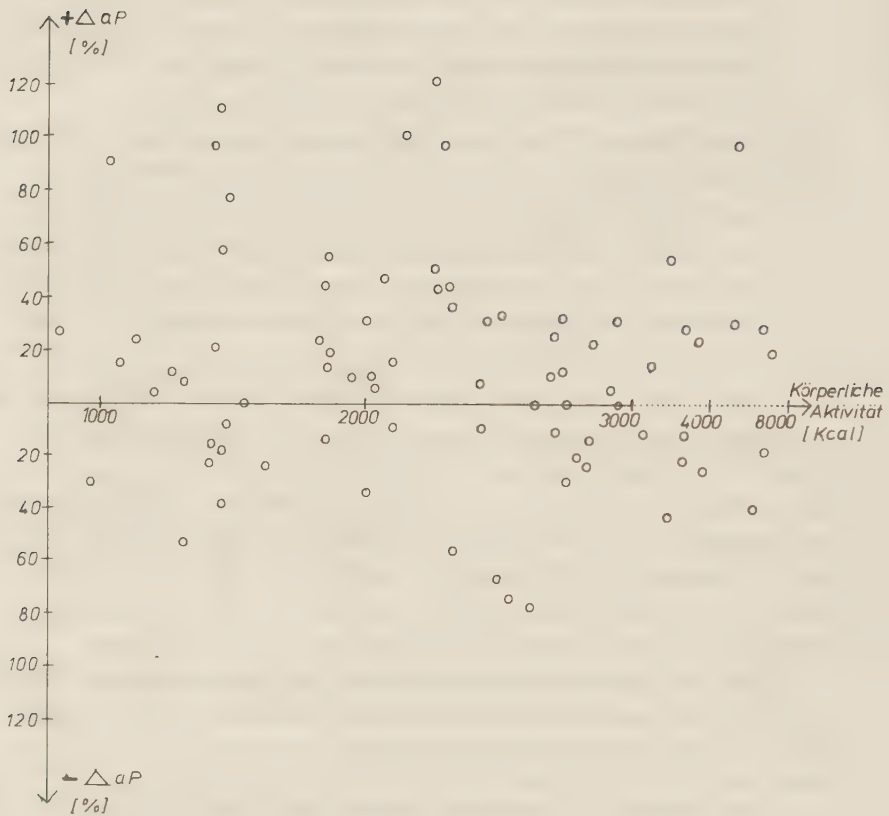


Abb. 7 Einzeldarstellung der Zunahme (+ΔaP) bzw. Abnahme (-ΔaP) der alkalischen Serumphosphatase [mU/ml in %] gegen die Größe der körperlichen Aktivität [Kcal/14 Tage]

3.5 Unterteilung des Krankengutes nach Alter und Geschlecht

Das Krankengut wurde nach Altersgruppen und nach Geschlecht geordnet und sowohl das Verhalten des Enzyms als auch der Ablauf der körperlichen Aktivität untersucht.

Das Kollektiv wurde in vier Altersgruppen unterteilt:

- Patienten unter 40 Jahre
- Patienten zwischen 40 und 49 Jahren
- Patienten zwischen 50 und 59 Jahren
- Patienten über 60 Jahre

Die errechneten Mittelwerte der alkalischen Serumphosphatase sind in Tab. 11, die Mittelwerte der körperlichen Aktivität innerhalb dieser Altersgruppen in Tab. 12 zusammengestellt.

Tage	unter 40 J.			40 - 49 J.			50 - 59 J.			über 60 J.		
	n	$\bar{x}$ (mU/ml)	s (mU/ml)	n	$\bar{x}$ (mU/ml)	s (mU/ml)	n	$\bar{x}$ (mU/ml)	s (mU/ml)	n	$\bar{x}$ (mU/ml)	s (mU/ml)
Prae-Op	13	89,9	23,6	6	91,2	22,9	18	128,7	47,0	43	119,3	32,5
1.- 4.	13	91,0	40,5	6	82,7	10,3	18	106,4	37,0	43	105,3	33,8
5.- 9.	13	85,2	25,4	6	89,0	24,4	18	109,5	42,5	43	116,6	42,2
10.-14.	13	89,5	21,8	6	90,2	27,1	18	123,3	41,4	43	119,5	48,5
15.-21.	9	96,4	21,8	5	92,8	23,3	14	134,5	40,0	32	135,2	49,9

Tab. 11 Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichung (s) der aP (mU/ml) innerhalb der Altersgruppen

Tage	unter 40 J. (n=13)		40 - 49 J. (n=6)		50 - 59 J. (n=18)		über 60 J. (n=43)	
	$\bar{x}$ (Kcal)	s (Kcal)	$\bar{x}$ (Kcal)	s (Kcal)	$\bar{x}$ (Kcal)	s (Kcal)	$\bar{x}$ (Kcal)	s (Kcal)
1.	96,6	63,4	47,1	35,5	56,0	57,3	61,2	55,4
2.	111,8	61,6	90,8	15,2	103,0	37,3	107,6	71,4
3.	125,6	72,3	92,1	22,1	108,5	40,4	120,9	67,8
4.	123,6	56,4	75,6	23,5	124,8	46,3	128,1	68,9
5.	112,7	52,7	94,5	39,2	143,8	72,0	136,3	74,7
6.	111,0	55,5	97,6	23,9	152,0	87,1	172,4	117,1
7.	143,6	55,4	103,0	61,6	164,0	133,9	202,7	130,3
8.	171,7	45,7	176,8	121,9	194,6	174,1	223,1	137,1
9.	165,3	64,5	181,6	131,7	191,2	174,8	249,0	151,0
10.	180,6	43,3	144,8	142,3	223,1	212,2	244,9	136,3
11.	172,4	57,5	240,6	193,4	225,6	171,3	268,0	141,2
12.	170,7	55,9	179,1	95,4	222,1	172,1	259,8	149,4
13.	173,6	53,4	179,0	100,7	192,5	170,5	266,0	146,4
14.	174,8	52,0	180,3	99,2	214,3	177,5	265,8	155,4

Tab. 12 Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichung (s) der körperlichen Aktivität (Kcal) innerhalb der Altersgruppen

Die in den Tabellen 11 und 12 aufgeführten Ergebnisse sind in den Abb. 8 a - 8 d, nach Altersgruppen getrennt, graphisch dargestellt.

In diesen Ergebnissen bei der Unterteilung des Krankengutes nach Altersgruppen spiegeln sich die Ergebnisse wieder, die bei der Beschreibung der alkalischen Serumphosphatase und der körperlichen Aktivität in den Operationsgruppen gefunden wurden.

Die körperliche Aktivität steigt bei der Gruppe der Patienten unter 40 Jahren am wenigsten an; die Gruppe der 40 - 49jährigen Patienten zeigt einen uneinheitlich verlaufenden Anstieg der Aktivität, während die beiden anderen Altersgruppen einen deutlichen und gleichmäßigen Anstieg der körperlichen Aktivität erkennen lassen.

Die alkalische Serumphosphatase zeigt bei der Gruppe unter 40 Jahren einen unauffälligen Verlauf, während sich in den Altersgruppen 40 - 49 Jahre, 50 - 59 Jahre und über 60 Jahre der beschriebene Abfall des Enzymspiegels von prae- auf postoperativ und der nachfolgende Anstieg über den Ausgangswert hinaus wiederfindet.

Auffällig ist, daß die Werte der aP bei den Patienten über 50 Jahre auf einem höheren Niveau liegen (105 - 135 mU/ml) als die Werte der Patienten unter 50 Jahren (82 - 96 mU/ml). Diese Unterschiede wurden mit einem t-Test für unverbundene Stichproben erfaßt. Der Test zeigt, daß bei 4 der 5 Meßwerte die Patienten über 50 Jahre einen signifikant höheren Serumspiegel der alkalischen Phosphatase aufweisen als die Patienten unter 50 Jahre (Tab. 13).

	unter 50 J. (n=19) (mU/ml)	über 50 J. (n=61) (mU/ml)	Diff. der Mittelw.	t-Wert	Signifikanz
Prae-Op	90,3	122,0	32,3	-3,46	* *
1. - 4.	88,4	105,6	17,2	-1,91	-
5. - 9.	86,4	114,4	28,0	-2,75	* *
10.-14.	89,6	120,6	31,0	-2,81	* *
15.-21.	95,1	135,0	39,9	-3,60	* *

Tab. 13 t-Test für unverbundene Stichproben zum Vergleich der aP-Werte der Patienten unter 50 Jahre und über 50 Jahre

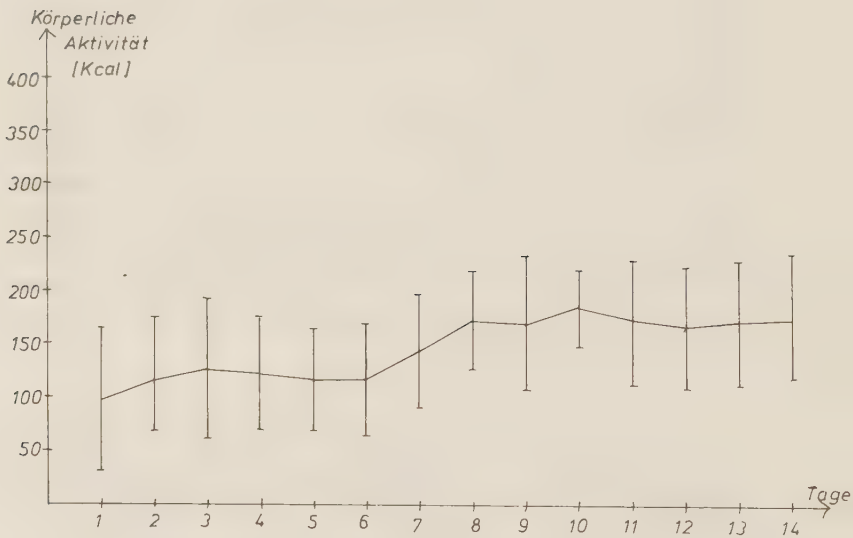
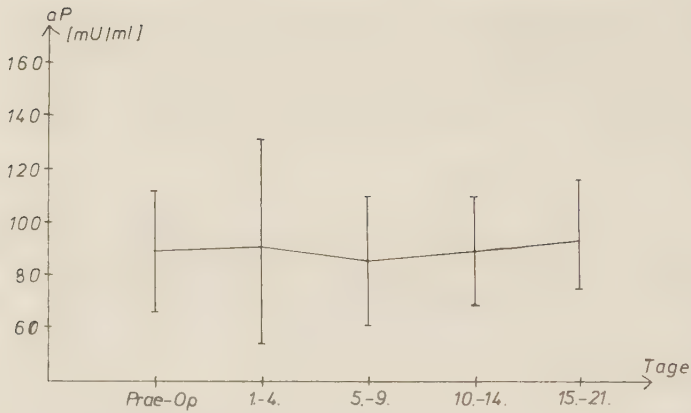


Abb. 8a Mittelwerte und Standardabweichung der alkalischen Serumphosphatase [mU/ml] und der körperlichen Aktivität [Kcal] der Patienten unter 40 Jahren

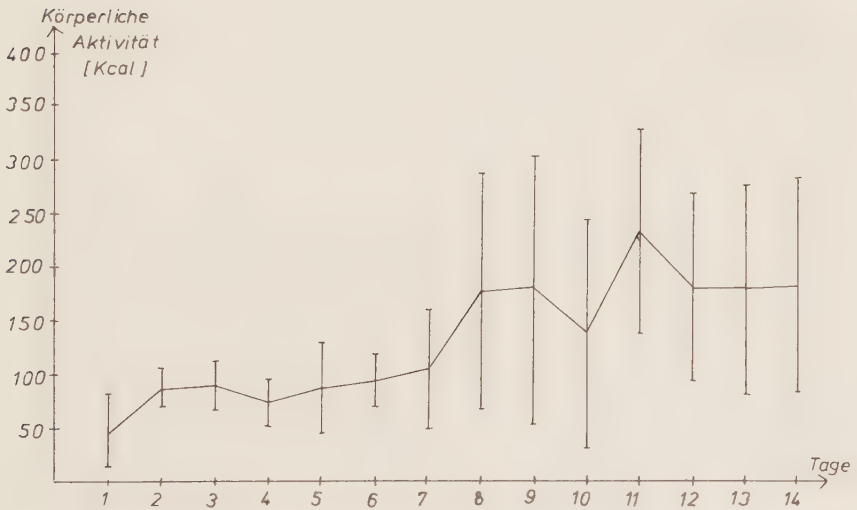
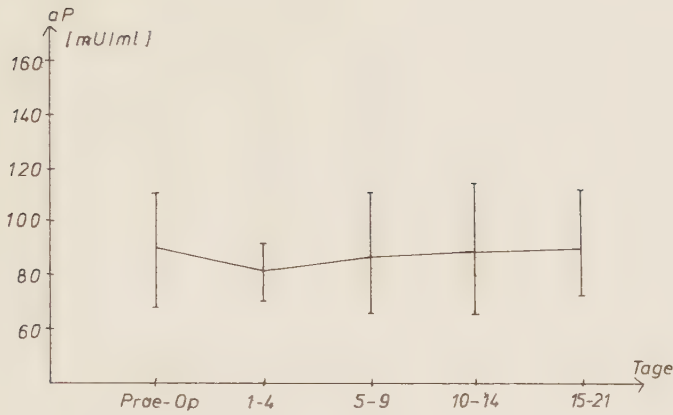


Abb. 8b Mittelwerte und Standardabweichung der alkalischen Serumphosphatase [mU/ml] und der körperlichen Aktivität [Kcal] der Patienten zwischen 40 und 49 Jahren

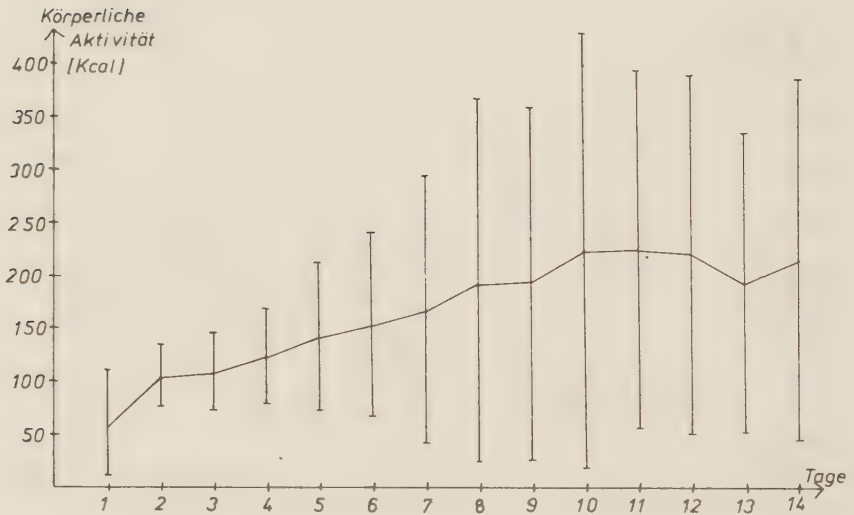
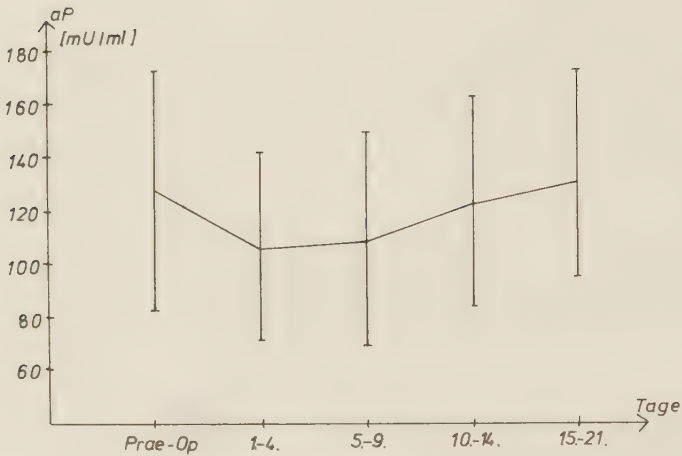


Abb. 8c Mittelwerte und Standardabweichung der alkalischen Serumphosphatase [mU/ml] und der körperlichen Aktivität [Kcal] der Patienten zwischen 50 und 59 Jahren

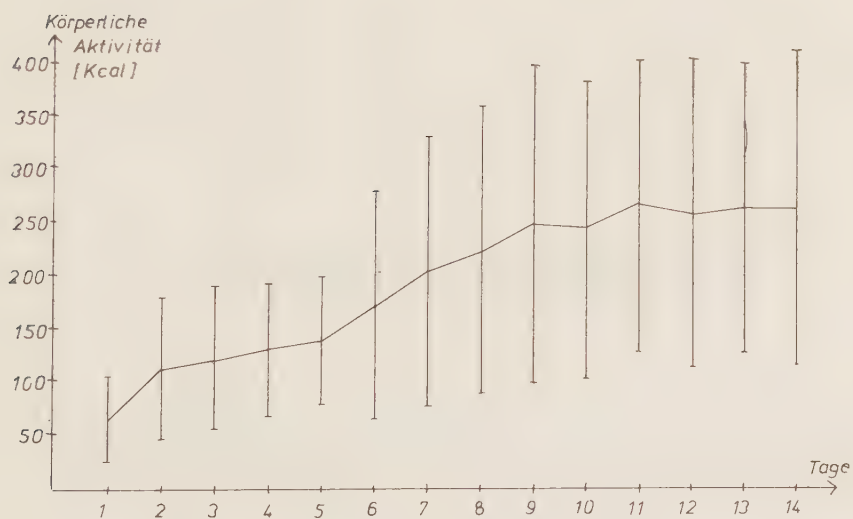
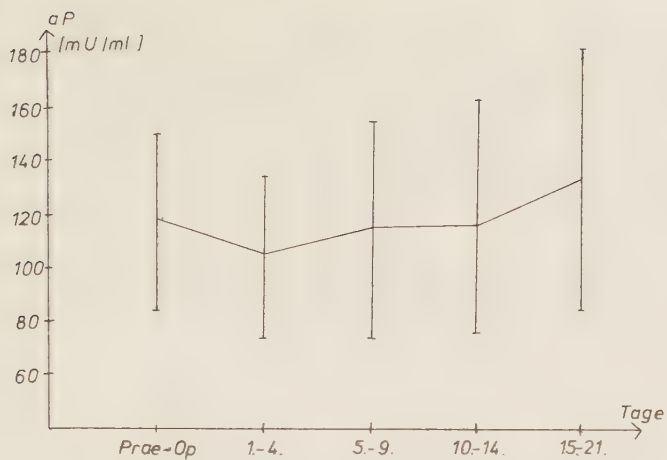


Abb. 8d Mittelwerte und Standardabweichung der alkalischen Serumphosphatase [mU/ml] und der körperlichen Aktivität [Kcal] der Patienten über 60 Jahren

In gleicher Weise wurde bei der Unterteilung nach dem Geschlecht der Patienten vorgegangen. Das Krankengut umfaßte 39 Frauen und 41 Männer; das Durchschnittsalter der Frauen betrug 59 Jahre, das der Männer 54 Jahre. Die Mittelwerte der alkalischen Serumphosphatase sind in Tab. 14, die Mittelwerte der körperlichen Aktivität in Tab. 15 zusammengestellt.

In Abb. 9 werden die Werte der aP und in Abb. 10 die Werte der körperlichen Aktivität dargestellt.

Tage	Männer		Frauen	
	$\bar{x}$ (mU/ml)	s (mU/ml)	$\bar{x}$ (mU/ml)	s (mU/ml)
Prae-Op	113,7	34,7	115,4	40,2
1. - 4.	101,5	35,9	101,5	34,1
5. - 9.	102,1	34,3	113,8	45,4
10. - 14.	107,6	32,7	119,1	52,8
15. - 21.	116,9	33,3	134,4	53,9

Tab. 14 Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichung (s) der aP (mU/ml) bei Männern und Frauen

Tage	Männer		Frauen	
	$\bar{x}$ (Kcal)	s (Kcal)	$\bar{x}$ (Kcal)	s (Kcal)
1.	62,0	53,6	67,5	60,9
2.	110,5	71,2	101,2	46,5
3.	120,2	72,0	113,0	47,0
4.	123,1	68,3	122,3	52,5
5.	131,2	84,2	130,8	50,3
6.	164,9	126,0	139,0	63,7
7.	191,4	154,8	161,6	68,0
8.	230,0	166,2	178,4	85,9
9.	230,0	176,3	203,9	109,4
10.	242,2	179,3	200,8	106,3
11.	253,0	169,9	228,2	113,9
12.	250,5	168,6	210,1	109,4
13.	234,9	172,1	220,6	106,2
14.	238,4	172,4	227,4	120,8

Tab. 15 Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichung (s) der körperlichen Aktivität (Kcal) bei Männern und Frauen

Bei der vorgenommenen Unterteilung des Krankengutes nach Geschlecht lassen sich weder bei der aP noch bei der körperlichen Aktivität auffallende Unterschiede feststellen.

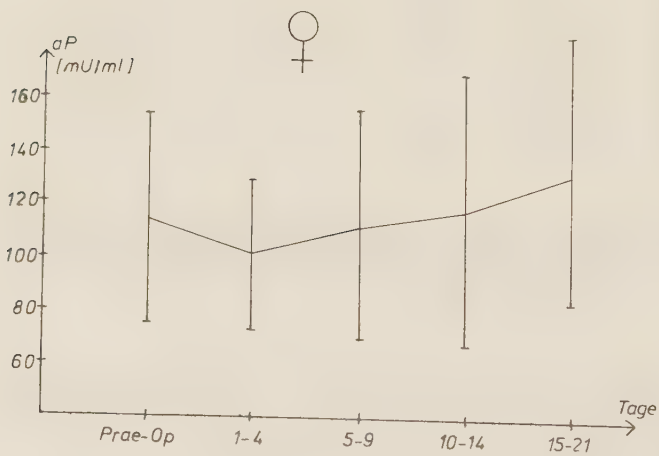
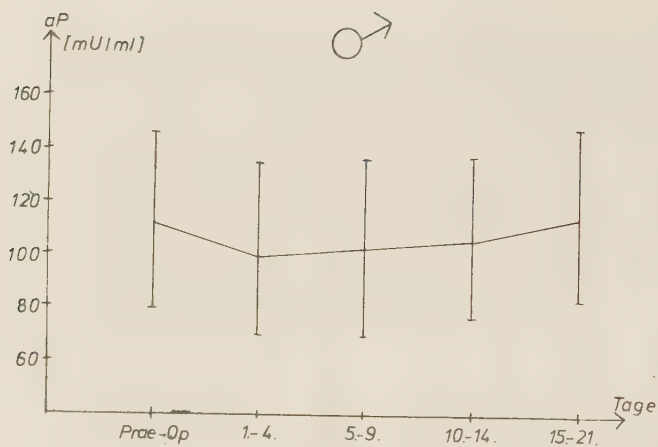


Abb. 9 Mittelwerte und Standardabweichung der alkalischen Serumphosphatase [mU/ml] bei Männern und Frauen

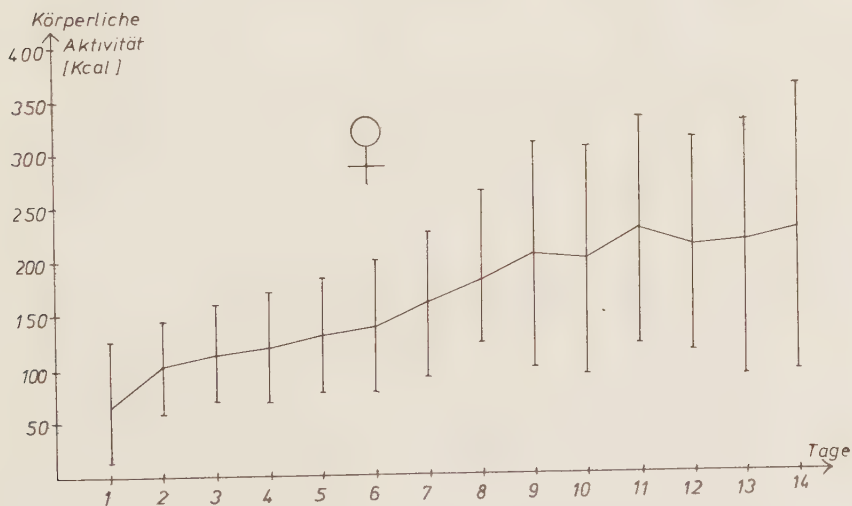
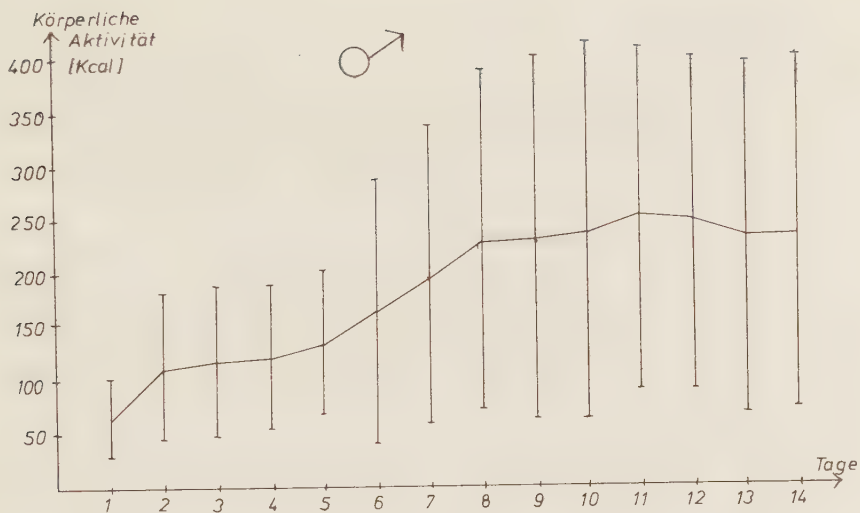


Abb.10 Mittelwerte und Standardabweichung der körperlichen Aktivität [Kcal] bei Männern und Frauen

4. DISKUSSION

Die von Eichler (1970) in einer Studie zur Inaktivitätsosteoporose vorgelegten Ergebnisse zeigen im Tierversuch bereits in der ersten Woche der Ruhigstellung das Auftreten der Inaktivitätsosteoporose. Nach 6 Wochen konnten bereits Knochenatrophie und Markraumerweiterung nachgewiesen werden.

Geiser (1957, 1958) bezeichnet Knochen, Knorpel und Muskulatur als funktionelle Einheit; er berichtet, daß in einem Knochen, der der mechanischen Beanspruchung entzogen wird, die Abbauvorgänge deutlich überwiegen.

Nach Richterich (1958) führt die Immobilisierung eines Patienten innerhalb von 24 Stunden zu einer Änderung der Stoffwechsellage des Knochens, es kommt zu negativen Eiweiß-, Calcium- und Phosphatbilanzen.

Von O. Schmitt (1975) wird bei Kindern ein deutlicher Abfall der alkalischen Serumphosphatase nach Umstellungsosteotomien festgestellt, den der Autor auf die Immobilisierung der Kinder durch die Gipsfixation zurückführt. Dadurch soll die Wachstumstätigkeit des Knochengewebes eingeschränkt sein.

Betrachtet man die alkalische Serumphosphatase als Indikator der Osteoblastentätigkeit, ergeben sich folgende Fragen: korrespondiert die alkalische Serumphosphatase bei Patienten mit operativen Eingriffen am Skelettsystem mit der körperlichen Aktivität der Patienten in den ersten Wochen nach der Operation? Fehlt somit bei Patienten, die nach der Operation längere Zeit immobilisiert sind, ein Anreiz zur schnelleren Knochenneubildung? Weisen demgegenüber Patienten mit großer körperlicher Aktivität einen stärkeren Knochenanbau durch erhöhte Osteoblastentätigkeit auf und ist die Osteoblastenaktivität so stark erhöht, daß sich dies am Serumspiegel der alkalischen Phosphatase ablesen läßt?

Gehen wir von der Hypothese aus, daß körperliche Aktivität und krankengymnastische Behandlung einen Anreiz zur stärkeren Knochenneubildung darstellen, so müßten Patienten mit großer körperlicher Aktivität einen höheren Serumspiegel der alkalischen Phosphatase aufweisen als längere Zeit immobilisierte Patienten.

Die ermittelten Gesamtwerte der körperlichen Aktivität der untersuchten Patienten zeigen eine breite Streuung (Abb. 1), die von 810 bis 8224 Kcal in 14 Tagen reicht. 63 der insgesamt 80 Patienten weisen einen Kalorienverbrauch zwischen 1000 und 3000 Kcal auf. Die große Streubreite der ermittelten körperlichen Aktivität läßt sich erklären einerseits durch die Verschiedenartigkeit der durchgeführten Operationen und die dadurch bedingte unterschiedliche krankengymnastische Behandlung und andererseits durch die individuelle Verfassung des einzelnen Patienten, die Dauer und Intensität der Übungsbehandlung beeinflußt.

Dabei ist zu berücksichtigen, daß bei der durchgeführten Ermittlung der körperlichen Aktivität die neben der krankengymnastischen Behandlung ausgeübten körperlichen Tätigkeiten nicht erfaßt werden konnten.

Dadurch ergibt sich eine gewisse Ungenauigkeit der angegebenen Gesamtwerte der körperlichen Aktivität der einzelnen Patienten; man kann aber davon ausgehen, daß die angegebenen Werte die Größenordnung, vor allem die Relation zwischen den einzelnen Patientengruppen richtig wiedergeben.

Der zeitliche Ablauf der Mittelwerte der körperlichen Aktivität aller Patienten (Abb. 2) läßt einen stetigen allmählichen Anstieg des Kalorienverbrauchs feststellen.

Bei der Aufteilung des Krankengutes nach Operationsgruppen zeigt sich ein durchaus unterschiedlicher zeitlicher Verlauf der körperlichen Aktivität (Abb. 3).

In der Gruppe I (Weichteileingriffe) ist ein gleichmäßiger Anstieg der körperlichen Aktivität von 45 Kcal am ersten Tag auf etwa 200 Kcal in den letzten Tagen des Untersuchungszeitraums festzustellen.

In der Gruppe II (Patienten mit leichten Knocheneingriffen) verläuft die Mittelwertkurve wesentlich flacher als in den beiden anderen Gruppen; der Kalorienverbrauch bewegt sich ständig zwischen etwa 100 und 300 Kcal pro Tag. Diese Feststellung ist darauf zurückzuführen, daß bei den meisten Patienten dieser Gruppe Bandscheibenoperationen durchgeführt wurden. Wie aus der Beschreibung der krankengymnastischen Behandlung hervorgeht, sind diese Patienten lange ans Bett gebunden und haben deshalb weniger Bewegung zu verzeichnen als andere Patienten.

In der Gruppe III (Patienten mit ausgedehnten Knocheneingriffen) sehen wir den stärksten Anstieg der Mittelwerte der körperlichen Aktivität: von 65 Kcal steigen die Werte auf etwa 270 Kcal an. Da in dieser Gruppe fast ausschließlich Patienten mit Totalendoprothesen der Hüfte eingeordnet sind, ist der hohe Kalorienverbrauch damit zu erklären, daß diese Patienten schon ab dem 2. Tag mit aktiven Bewegungsübungen beginnen und somit eine größere körperliche Aktivität aufweisen als anderen Patienten.

Es bleibt also festzustellen, daß in den verschiedenen Operationsgruppen die Patienten eine durchaus unterschiedliche körperliche Aktivität zu verzeichnen haben, die durch die unterschiedliche krankengymnastische Behandlung und das individuelle Befinden des einzelnen Patienten bedingt ist.

Die Messungen der alkalischen Serumphosphatase lassen in der Operationsgruppe I (Weichteileingriffe) keine Veränderung des Enzymspiegels erwarten, da keine Veränderung der Stoffwechsellage des Knochens angenommen werden kann. Diese Annahme ist zutreffend: Abb. 4 zeigt für die Gruppe I keine wesentliche Veränderung der aP, der Enzymspiegel bleibt mit nur geringen Schwankungen auf dem gleichen Niveau.

In der Operationsgruppe II (leichte Knocheneingriffe) ist ein Abfall des im Serum meßbaren Enzymspiegels vom praeoperativen auf den 1. postoperativen Meßwert festzustellen. Danach folgt ein kontinuierlicher Anstieg bis zum 21. Tag, die letzten beiden Meßwerte liegen höher als der praeoperative Ausgangswert.

In der Tendenz gleich, doch wesentlich ausgeprägter sind die Veränderungen der alkalischen Serumphosphatase in der Operationsgruppe III (ausgedehnte Knocheneingriffe). Der Abfall des Enzymspiegels von prae- auf postoperativ erweist sich bei einem t-Test für verbundene Stichproben als statistisch signifikant, der nachfolgende Anstieg erreicht am 10. - 14. Tag den Ausgangswert und liegt am 15. - 21. Tag um 11 mU/ml höher als praeoperativ.

Das unterschiedliche Verhalten des Serumphosphatasespiegels der Patienten mit Knocheneingriffen (Gruppen II und III) im Vergleich zu den Patienten mit Weichteileingriffen (Gruppe I) läßt den Schluß zu, daß diese Veränderungen der aP durch den operativen Eingriff bedingt sind. Der Abfall des Enzymspiegels von prae- auf postoperativ muß wohl mit einer durch das Trauma der Operation verursachten Schädigung der Osteoblasten und der damit hervorgerufenen verminderten Ausschüttung der aP erklärt werden. Nach dem aus Abb. 4 ersichtlichen Kurvenverlauf erreicht der Spiegel der aP im Serum nach etwa 10 Tagen wieder den praeoperativen Wert und überschreitet diesen Wert bis zum 21. Tag. Dies weist auf eine verstärkte Tätigkeit der Osteoblasten bei der Knochenregeneration nach dem operativen Eingriff hin.

Setzt man ein ähnliches Verhalten des Knochens während der Frakturheilung und in der Regenerationsphase nach operativen Eingriffen am Knochen voraus, so können die vorliegenden Ergebnisse mit den Arbeiten von Schmid (1953), Sieber (1953), Kern (1965) und Heimann (1973) verglichen werden. Diese Autoren berichten von erhöhten Serumphosphatasewerten bei operativ versorgten Frakturen, die mit dem Anstieg unserer Meßwert vom 1. postoperativen Wert aus vergleichbar sind. Allerdings ist darauf hinzuweisen, daß der beschriebene Anstieg nicht bei allen Patienten mit Knocheneingriffen auftrat, wie auch andere Autoren (Howard, 1945, und Mitchell, 1959) keine regelmäßige Erhöhung der alkalischen Serumphosphatase im Verlauf der Frakturheilung feststellen konnten.

Bei der weiteren Untersuchung der aP wurde die Unterteilung nach Operationsgruppen aufgegeben und nach der Größe der körperlichen Aktivität neu unterteilt. Die dabei getroffene Einteilung in Gruppen unter 1600 Kcal/1600 - 3000 Kcal/über 3000 Kcal in 14 Tagen zeigt bei der Darstellung der alkalischen Serumphosphatase (Abb. 6) den schon in den Operationsgruppen II und III beschriebenen Abfall des Enzymspiegels von prae- auf postoperativ mit nachfolgendem Anstieg über den Ausgangswert hinaus. Dieses Verhalten ist bei der Gruppe mit wenig körperlicher Aktivität genauso festzustellen wie bei den Patienten mit großer körperlicher Aktivität nach der Operation.

Dieses Ergebnis stimmt nicht überein mit der ursprünglichen Erwartung, daß eine große körperliche Aktivität durch die Belastung des Knochens einen stärkeren Anreiz zur Knochenneubildung geben könnte. Der Abfall des Serumspiegels der alkalischen Phosphatase als Reaktion auf die Immobilisierung durch einen Gipsverband, wie ihn O. Schmitt (1975) bei Kindern feststellen konnte, ist in unserem Krankengut nicht auf die Patienten mit wenig körperlicher Aktivität beschränkt. Allerdings sind bei Erwachsenen die Voraussetzungen insofern anders als bei Kindern, da bei Kindern (nach den Untersuchungen von O. Schmitt, 1975) durch die Gipsfixierung eine Reduktion der Wachstumstätigkeit des Knochengewebes und damit ein Abfall des Serumspiegels der aP hervorgerufen wird.

In unserem Krankengut ist der Abfall des Serumenzymspiegels nicht auf die Gruppe der Patienten mit wenig körperlicher Aktivität beschränkt, sondern ist auch bei den Patienten mit viel Bewegung festzustellen.

Dafür gibt es zwei Erklärungsmöglichkeiten:

Einmal ist es denkbar, daß von einer unzutreffenden Hypothese ausgegangen wurde, d. h. die Regeneration des Knochens und damit die alkalische Serumphosphatase ist nicht abhängig von der körperlichen Aktivität der Patienten. Da nicht bekannt ist, ob die alkalische Serumphosphatase auf eine vermehrte Bewegung, z. B. bei Hochleistungssportlern, mit einem Anstieg des Serumenzymspiegels reagiert, kann nicht beurteilt werden, welcher Stellenwert der

körperlichen Aktivität im Zusammenhang mit der zellulären Dynamik der Knochenumbauprozesse zuzuordnen ist. Auch ist aus einer Veränderung des Enzymspiegels nicht abzulesen, ob diese Veränderung durch eine Atrophie oder die verstärkte Regeneration eines geschädigten Knochens hervorgerufen wird.

Zum anderen ist es möglich, daß die Hypothese zwar zutrifft, die durch die vermehrte körperliche Aktivität bedingte Regeneration des Knochengewebes aber keine auffällige Veränderung im Serumspiegel der alkalischen Phosphatase bewirkt. Da bei der Messung der gesamten alkalischen Phosphatase im Serum nicht der Herkunftsort des gebildeten Enzyms bestimmt werden kann, ist es denkbar, daß das lokale Ereignis eines verstärkten Knochenaufbaus sich nicht so stark im gesamten "pool" niederschlägt, daß daraus ein eindeutiger Befund abgeleitet werden könnte.

Bei der Betrachtung des Enzymverhaltens fällt auf, daß nicht alle Patienten den bei der Berechnung der Mittelwerte beobachteten postoperativen Anstieg des Serumspiegels der aP aufzuweisen haben. Deshalb wurde das Krankengut unabhängig von der Operation nach dem postoperativen Verhalten des Enzymspiegels in 2 Gruppen unterteilt:

Gruppe + Δ aP (postoperativ ansteigender Enzymspiegel) und
Gruppe - Δ aP (postoperativ abfallender Enzymspiegel).

Mit einem Korrelationstest wurde nachgeprüft, ob zwischen dem Anstieg bzw. Abfall des Enzymspiegels und der Größe der körperlichen Aktivität eine Beziehung besteht. Es konnte nachgewiesen werden, daß zwischen beiden Testgrößen keine Korrelation besteht, d. h. das Enzymverhalten ist nicht davon abhängig, ob der Patient nach der Operation viel oder wenig Bewegung hat. Dies zeigt auch die Darstellung der Einzelwerte, die eine breite Streuung aufweisen (Abb. 7).

Dieses Ergebnis bestätigt die schon bei der Unterteilung nach der Größe der körperlichen Aktivität getroffene Feststellung, daß in unserem Krankengut offensichtlich kein meßbarer Einfluß der Bewegung und der körperlichen Aktivität auf das Verhalten des Serumspiegels der alkalischen Phosphatase besteht.

Eine schlüssige Erklärung bzw. Begründung dieses Untersuchungsbefundes kann bei dem derzeitigen Wissensstand über die Wechselwirkungen zwischen Knochenregeneration, Einfluß von Bewegung auf den Knochenstoffwechsel und den Serumspegel der alkalischen Phosphatase nicht gegeben werden.

Bei der Unterteilung des Krankengutes nach Altersgruppen spiegeln sich die bisher beschriebenen Ergebnisse wieder (Abb. 8 a - 8 d).

Die alkalische Serumphosphatase zeigt in der Altersgruppe unter 40 Jahren einen unauffälligen Verlauf, zwischen dem 1. und 2. postoperativen Meßwert ist ein geringfügiger Abfall des Enzymspiegels festzustellen. Die anderen Altersgruppen weisen alle den bekannten Kurvenverlauf auf: Abfall des Serumspegels der aP von prae- auf postoperativ mit nachfolgendem Wiederanstieg.

Diese Befunde sind auf die unterschiedliche Altersverteilung in den Operationsgruppen zurückzuführen: die jüngeren Patienten sind durchweg in die Operationsgruppe I (Weichteileingriffe) einzuordnen, während die älteren Patienten in die Operationsgruppen II und III (Operationen am Skelettsystem) gehören. Deshalb entspricht das Verhalten der aP der Patienten unter 40 Jahren dem der aP in der Operationsgruppe I, während die Patienten der anderen Altersgruppen den Kurvenverlauf der Operationsgruppen II und III zeigen.

In seiner Untersuchung der alkalischen Serumphosphatase in verschiedenen Lebensaltern stellt Emmrich (1952) ab dem 65. Lebensjahr einen Anstieg der aP fest. Bei der Betrachtung der vorliegenden Ergebnisse in den Altersgruppen ist auffällig, daß die Werte der aP bei den Patienten über 50 Jahren auf einem höheren Niveau liegen als die Werte der Patienten unter 50 Jahren. Der durchgeführte t-Test für unverbundene Stichproben zeigt, daß 4 der 5 Meßwerte der Altersgruppe über 50 Jahre signifikant höher liegen als bei den Patienten unter 50 Jahren; auch der nicht signifikante Wert liegt nur knapp unter der Signifikanzgrenze.

Dabei ist aber anzumerken, daß damit natürlich keine Aussage über einen normalen Anstieg der aP schon ab dem 50. Lebensjahr gemacht werden kann, da die vorliegenden Ergebnisse von Patienten mit Knochenerkrankungen stammen, die nicht mit einer normalen Population verglichen werden können.

Die Untersuchung der körperlichen Aktivität in den Altersgruppen bringt keine neuen Erkenntnisse (Abb. 8 a - 8 d). Während die Patienten der Gruppe unter 40 Jahren nur ein geringes Ansteigen der körperlichen Aktivität beobachten lassen, ist bei der Altersgruppe 40 - 49 Jahre ein zuerst langsamer, dann uneinheitlicher Anstieg der körperlichen Aktivität festzustellen. Die Gruppen 50 - 59 Jahre und über 60 Jahre zeigen einen deutlich und gleichmäßig ansteigenden Kurvenverlauf, der dem Anstieg der körperlichen Aktivität in der Operationsgruppe III entspricht. Wie bei der alkalischen Serumphosphatase ist dies auf die Altersverteilung zurückzuführen, da in der Operationsgruppe III die älteren Patienten vertreten sind.

Die vorgenommene Unterteilung des Krankengutes nach dem Geschlecht zeigt weder bei der alkalischen Serumphosphatase (Abb. 9) noch bei der körperlichen Aktivität (Abb. 10) Unterschiede zwischen Männern und Frauen. Dies stimmt mit den Untersuchungen von Emmrich (1952) und Hobson (1953) überein, die bei der Untersuchung der alkalischen Serumphosphatase keine Geschlechtsunterschiede feststellen konnten.

Insgesamt gesehen bleibt festzustellen, daß die ursprüngliche Hypothese, die Bewegung der Patienten könnte einen Einfluß auf die Knochenregeneration nach der Operation und damit auf den Serumspiegel der alkalischen Phosphatase haben, nicht nachgewiesen werden konnte. Nach den vorliegenden Ergebnissen ist die körperliche Aktivität der Patienten somit nicht als entscheidende Einflußgröße auf den Serumspiegel der alkalischen Phosphatase anzusehen.

5. ZUSAMMENFASSUNG

1. Einleitend wird anhand der Literaturübersicht eine Darstellung über Wirkungsweise, Vorkommen und Bedeutung der alkalischen Serumphosphatase gegeben.
2. In der vorliegenden Arbeit soll vor allem untersucht werden, ob zwischen der körperlichen Aktivität der Patienten und dem Serumspiegel der alkalischen Phosphatase ein Zusammenhang besteht, d. h. ob bei körperlich aktiven und immobilisierten Patienten ein unterschiedliches Verhalten der alkalischen Phosphatase zu beobachten ist.
3. Das Krankengut besteht aus 80 Patienten. Entsprechend der jeweils durchgeführten Operation wurden 3 Gruppen gebildet:

Gruppe I:	Weichteileingriffe
Gruppe II:	Leichte Knocheneingriffe
Gruppe III:	Ausgedehnte Knocheneingriffe
4. Die alkalische Serumphosphatase wurde nach der Methode von Rick vor der Operation und in Abständen von 3 - 4 Tagen bis zum 21. Tag postoperativ bestimmt.
5. Die körperliche Aktivität wurde mit einer speziell entwickelten Methode durch Erfassung von Dauer und Intensität der krankengymnastischen Behandlung ermittelt.
6. Die körperliche Aktivität steigt in der Gruppe I nur allmählich auf einen höheren Wert an. In der 2. Gruppe ist ein etwa gleichbleibender Kalorienverbrauch festzustellen, während in Gruppe III ein starker Anstieg zu verzeichnen ist.
7. Keine Veränderung der alkalischen Serumphosphatase ist bei den Patienten der Gruppe I zu erkennen. In den Gruppen II und III dagegen zeigt sich ein charakteristisches Verhalten: der Serumspiegel der alkalischen Serumphosphatase fällt von prae- auf postoperativ zuerst ab und steigt im weiteren Verlauf über den Ausgangswert hinaus an. Der Vergleich mit den Patienten ohne Eingriff am Knochensystem läßt den Schluß zu, daß diese Veränderungen durch den operativen Eingriff bedingt sind.

8. Durch verschiedene statistische Untersuchungen wurde das Verhalten der alkalischen Serumphosphatase zwischen Patientengruppen mit kleiner, mittlerer und großer körperlicher Aktivität verglichen. Dabei sind keine signifikanten Unterschiede festzustellen.
9. Das postoperative Verhalten der alkalischen Serumphosphatase (Anstieg oder Abfall des Enzymspiegels) läßt ebenfalls keine Beziehung zur Größe der körperlichen Aktivität erkennen; der durchgeführte Korrelationstest ist eindeutig negativ.
10. Die Unterteilung des Krankengutes nach Alter und Geschlecht bringt keine neuen Erkenntnisse. Auffallend ist, daß die Werte der alkalischen Phosphatase in der Altersgruppe über 50 Jahre auf einem höheren Niveau liegen als bei jüngeren Patienten. Geschlechtsunterschiede sind nicht zu erkennen.
11. Nach der vorliegenden Untersuchung kann die grundlegende Frage nach dem Zusammenhang zwischen alkalischer Serumphosphatase und körperlicher Aktivität der Patienten eindeutig beantwortet werden: der Serumspiegel der alkalischen Phosphatase ist nicht abhängig von der körperlichen Aktivität der Patienten nach der Operation.

LITERATUR

- Andersch, M. et al.: Use of p-Nitrophenylphosphate as the substrate in determination of serum acid phosphate
Amer. J. clin. Path. 17,571 (1947)
- Baumann, P.: Das Verhalten von Serumenzymen
bei sportlichen Leistungen
Schweiz. Z. Sportmed. 10,33 (1962)
- Bessey, O.A. et al.: A method for the rapid determination of alkaline Phosphatase with five cubic millimeters of serum
J. biol. Chem. 164,321 (1946)
- Botterell, E.H. and King, E.J.: Phosphatase in fractures
Lancet 1935 I, 1267
- Buring, K. et al.: Enzym patterns during bone induction
Calif. Tis. Res. 4,102 (1970)
- Clark, L.C.: Plasma alkaline Phosphatase activity
J. of Ped. 36,335 (1950)
- Dubach, U.: Klinik der Alkalischen Phosphatase
Praxis 51,1106 (1962)
- Eichler, J.: Inaktivitätsosteoporose
Klinische und experimentelle Studie zum
Knochenumbau durch Inaktivität
Aktuelle Orthopädie, Band 3 (1970)
- Fishmann, W. et al.: A method for estimating Serum acid phosphatase of Prostatic origin
J. biol. chem. 89,200 (1953)
- Fowler, W.M.: Changes in Serum enzym levels after exercise in trained and untrained subjects
J. appl. Physiol. 17,943 (1962)
- Geiser, M.: Muskelaktion und Tätigkeit der Knochenwachstumszone
Z. f. Orthopädie 89, 194 (1957)
- Geiser, M.: Die Rolle der Muskelaktion bei der posttraumatischen Osteoporose
Arch. f. Orthopädie und Unfallchirurgie 49,268 (1957)

- Groshev, E. J. und Judkevitch, Z.G.: Aktivität der alkalischen Phosphatase und Konzentration von anorganischem Phosphat bei Frakturen der langen Röhrenknochen
J. biol. Chem. 18,869 (1961)
- Haase, G. und Marggraf, W.: Untersuchung von versch. Mineral-substanzen und der alkalischen Phosphatase nach Fraktur-trauma und genagelten Frakturen
Langenbecks Arch. klin. Chir. 280,641 (1955)
- Hausamen, T.U. et al.: Optimal conditions for the determination of serum alkaline phosphatase by a kinetic method
Clinica Chimica Acta 15,241 (1967)
- Heimann, D. et al.: Über das Verhalten der alkalischen Serumphosphatase während der Frakturheilung
Mschr. Unfallheilk. 76,168 (1973)
- Hobson, W. et al.: A study of serum alkaline Phosphatase levels in old people, living at home
J. Geront. 14,292 (1959)
- Hosenfeld, D. und Hosenfeld, A.: Qualitative und quantitative Untersuchungen der alkalischen Serumphosphatase bei der Hypophosphatasie
Klinische Pädiatrie 185,437 (1973)
- Hosenfeld, D.: Über die Isoenzyme der alkalischen Serumphosphatase und ihre selektive Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren
Klin. Wschr. 51,290 (1973)
- Howard, J. et al.: Studies in patients convalescent from fracture
John Hopk. Hosp. Bull 77,291 (1945)
- Hunsberger, A. und Ferguson, L.K.: Variations in phosphatase and inorganic phosphorus in serum during fracture repair
Arch. Surg. 24,1052 (1932)
- Kern, E.: Untersuchungen zum Verhalten der alkalischen Serumphosphatase während der Frakturheilung
Mschr. Unfallheilk. 68,313 (1965)
- Klein, L.: The relationship between urinary Hydroxyprolin, Calcium and Serum alkaline phosphatase during fracture healing and acute disuse osteoporosis
Excerpta Med. Intern. Congress-Series 120 (1966)

- Kotzaurek, R. und Jesserer, H.: Das Verhalten der alkalischen Phosphataseaktivität im Serum bei verschiedenen Osteopathien
Wiener Klin. Wschr. 46,824 (1962)
- Loll, H.: Änderungen der Substratkonzentration und der Enzymaktivität im Serum durch körperliche Belastung
Ärztl. Forschung 12 II, 85 (1958)
- Mitchell, C.L.: Serum phosphatase in fracturing repair
Amer. Surg. 104,389 (1959)
- Nilsson, E. et al.: The plasma concentration of alkaline phosphatase, Phosphorus and Calcium following femoral neck fracture
Acta Orth. Scand. 6,504 (1972)
- Otto, P.: Enzymspiegel im Serum bei körperlicher Aktivität und ambulanten Patienten
Klin. Wschr. 42; 1,75 (1964)
- Richterich, R.: Klinische Chemie, 3. Auflage
S. Karger-Verlag, Basel 1971
- Richterich, R.: Enzymopathologie
Springer-Verlag, Berlin 1958
- Schmid, M.A.: Das Verhalten der alkalischen Serumphosphatase im Verlauf der Knochenbruchheilung
Brun's Beiträge zur klin. Chir., 186. Band (1953)
- Schmitt, O.: Über das Verhalten der alkalischen Serumphosphataseaktivität bei Erwachsenen und Kindern nach Osteotomien
Z. Orthop. 113,1096 (1975)
- Semb, T.H. et al.: Alkaline Phosphatase Activity and isoenzymes in experimental fractures
Clinica Chimica Acta 3,1375 (1971)
- Sieber, E.: Bedeutung der alkalischen Serumphosphatase Untersuchungen im Verlauf der Knochenbruchheilung
Zbl. Chir. 78, 1583 (1953)
- Siegenthaler, W.: Klinische Patho-Physiologie
Georg Thieme Verlag (1976)
- Struck, E. et al.: Klinisch-chem. Befunde im Serum bei experimenteller Fraktursetzung und versch. Behandlung
Enzyme Biol. Chem. 10,463 (1969)

Thefeld, W. et al.: Referenzwerte für die Bestimmung der
Transaminasen GOT und GPT sowie der alkalischen
Phosphatase im Serum mit optimierten Standardmethoden
Deutsche Med. Wschr. 99,343 (1974)

Valentin, H.: Arbeitsmedizin
Thieme, Stuttgart 1971

Zeitschrift für klinische Chemie

Nr. 8, S. 658 (1970)

Nr. 9, S. 464 (1971)

Nr. 10, S. 182 (1972)

(Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für
Klinische Chemie zur Bestimmung der alkalischen
Serumphosphatase.)

7. ANHANG

Gesamtes Zahlenmaterial

Operationsgruppe I

Pat.	Geschl.	Alter	Alkal. Serumphosphatase (mÜ/ml)					Körperl. Aktivität (Kcal/14 Tg.)
	1= ♂ 2= ♀		Prä-Op	1-4	5-9	10-14	15-21	
1	1	18	76	80	90	66	86	1456
2	1	58	70	70	90	109	-	3430
3	1	27	76	90	142	115	-	1822
4	2	18	80	131	109	98	-	2003
5	1	38	87	82	81	115	60	2344
6	1	54	90	87	100	109	94	1169
7	1	48	98	73	120	90	108	3296
8	1	22	98	90	98	109	-	1480
9	1	24	105	76	55	66	109	1431
10	1	64	110	156	125	142	122	2779
11	1	36	140	190	85	85	98	2334
12	1	58	153	153	180	120	150	1807
13	1	41	120	87	80	90	126	1207
14	1	55	66	74	64	66	-	1864

Operationsgruppe II

Pat.	Geschl.	Alter	Alkal. Serumphosphatase (mU/ml)					Körperl. Aktivität (Kcal/14 Tg.)
	1= ♂ 2= ♀		Prä-Op	1-4	5-9	10-14	15-21	
15	2	35	80	80	87	80	-	2985
16	1	51	70	68	70	80	85	1087
17	2	90	80	87	109	98	98	2430
18	1	41	90	87	120	138	-	1434
19	2	60	95	55	90	109	-	1418
20	2	61	98	86	76	66	109	967
21	2	32	104	87	90	98	120	2783
22	2	50	109	87	70	109	125	1290
23	1	34	109	131	98	120	109	2464
24	1	49	109	70	76	90	70	810
25	1	52	109	80	115	153	109	1025
26	2	60	120	109	80	109	-	1792
27	2	50	66	60	109	80	90	2541
28	2	66	100	138	138	98	125	3389

Operationsgruppe III

Pat.	Geschl. 1= ♂ 2= ♀	Alter	Alkal. Serumphosphatase (mU/ml)					Körperl. Aktivität (Kcal/14 Tg.)
			Prä-Op	1-4	5-9	10-14	15-21	
29	2	73	90	76	70	87	109	1876
30	2	27	98	55	50	66	100	1876
31	2	41	60	81	68	78	80	2128
32	2	48	70	98	70	55	80	2614
33	2	72	75	81	110	164	98	2190
34	1	61	80	55	80	80	98	1545
35	2	76	120	80	125	126	153	3890
36	2	51	109	80	87	87	109	2046
37	2	66	80	100	144	66	164	1327
38	2	72	87	109	109	100	-	3532
39	1	71	90	80	76	66	80	1615
40	1	61	98	82	123	109	153	2777
41	1	31	76	86	73	90	120	1975
42	1	74	98	109	120	115	-	2916
43	1	70	90	60	60	80	98	2502
44	2	65	98	110	150	166	153	2280
45	2	61	98	66	66	87	109	4083
46	1	66	99	81	90	160	109	2303
47	1	61	100	131	134	98	109	2750
48	2	67	109	109	76	66	120	2557
49	1	59	120	109	55	87	-	1475
50	1	70	109	55	76	76	138	2346
51	2	65	109	80	85	80	150	1556
52	1	76	109	98	87	80	-	3956
53	1	58	109	70	87	70	109	2651
54	1	68	109	98	80	80	109	3591
55	1	72	109	164	90	95	-	2584

Operationsgruppe III (Fortsetzung)

Pat.	Geschl.	Alter	Alkal. Serumphosphatase (mU/ml)					Körperl. Aktivität (Kcal/14 Tg.)
	1= ♂ 2= ♀		Prä-Op	1-4	5-9	10-14	15-21	
56	2	64	112	70	80	100	130	3863
57	2	64	115	120	165	190	137	1834
58	1	77	120	120	90	105	87	6740
59	2	61	113	70	115	140	109	4203
60	2	72	136	130	142	125	138	2825
61	2	71	138	109	150	162	-	2091
62	1	61	138	94	98	120	140	2712
63	2	73	194	188	190	175	164	1470
64	2	63	142	98	146	120	160	1871
65	2	69	148	145	164	190	-	2007
66	2	69	152	164	125	138	164	1452
67	2	59	155	153	136	168	164	2048
68	2	64	155	109	98	131	-	4436
69	1	51	155	186	219	200	-	1317
70	1	75	164	76	138	109	-	2299
71	2	68	164	146	120	120	-	2812
72	1	67	164	155	153	109	164	8224
73	1	53	170	115	142	153	186	7416
74	1	59	185	142	109	190	208	2931
75	2	59	186	109	120	158	180	1828
76	1	51	186	135	76	150	110	2712
77	1	59	208	138	142	130	164	3121
78	2	64	208	153	280	340	370	2250
79	2	28	40	26	50	55	66	1463
80	2	73	208	131	190	153	160	2116

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof.Dr.P.Otte herzlich danken für die Überlassung des Themas und die Beratung und Unterstützung, die er der Arbeit jederzeit zukommen ließ.

Weiterhin habe ich zu danken Herrn Dr.Staudte für die Unterstützung im praktischen Teil der Untersuchungen sowie Frau Dipl.phys.Hahn für die Beratung bei der Durchführung der statistischen Berechnungen.

L e b e n s l a u f

Am 29.12.1950 wurde ich in Speyer am Rhein als Sohn des Landwirtschaftsmeisters Hermann Schmitt und dessen Ehefrau Renate geb. Naumer, wohnhaft in Meckenheim/Pfalz, Haßlocherstraße 18, geboren; ich bin der älteste von fünf Söhnen.

Im Jahre 1956 trat ich in die Volksschule Meckenheim ein und wechselte im Jahre 1960 zum Leibniz-Gymnasium in Neustadt/Weinstraße über, wo ich am 18.06.1969 das Zeugnis der Reife erhielt.

Im Oktober 1969 wurde ich zur Bundeswehr eingezogen und leistete in Karlsruhe und Germersheim 6 Monate meines Wehrdienstes ab.

Zum Sommersemester 1970 erhielt ich die Zulassung zum Studium der Zahnmedizin an der Universität Mainz und wurde daraufhin aus der Bundeswehr entlassen. Das Vorphysikum legte ich am 24.03.1971 und das Physikum am 28.03.1973 ab. Das klinische Studium beendete ich im Sommersemester 1975 mit dem Staatsexamen und erhielt am 13.11.1975 die Approbation als Zahnarzt.

Am 29.11.1975 heiratete ich die Studentin der Mikrobiologie Christa Schlegel aus Neustadt/Weinstraße. Seit dem 05.01.1976 leiste ich als Stabsarzt bei der Bundeswehr den restlichen Wehrdienst ab; zur Zeit bin ich in Augustdorf (bei Detmold) stationiert.

